MANUAL DE
BENEFICIAMENTO
DO ALGODÃO

ima mt
INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

AMPA
ASSOCIAÇÃO MATOGROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO

CUIABÁ/MT

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO
IMAmt

Diretora Biênio - 2013/2014

Presidente: Milton Garbúgio

Vice-presidente: Gustavo Vígano Piccoli

Primeiro Tesoureiro: Guilherme Mognon Scheffer

Segundo Tesoureiro: Alexandre De Marco

Primeiro Secretário: Paulo Sérgio de Aguiar

Segundo Secretário: Paulo Sérgio Almeida Prado de Castro Valente

Conselheiros Fiscal Titulares

Celso Griesang

Otávio Palmeira dos Santos

Sérgio Introvini

Conselheiros Fiscal Suplentes

Rafael Bortoli

João André Lopes Guerreiro

Ernesto Martelli

O IMAmt foi criado pela AMPA em 2007 afim de desenvolver pesquisa, extensão e difusão de tecnologia para atender os produtores Mato-grossenses.

PALAVRA DO PRESIDENTE

MILTON GARBÚGIO

Presidente da Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (Ampa) e presidente do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt)

Produzir algodão com a qualidade exigida pelo mercado é uma tarefa para poucos e é impossível dizer qual a etapa mais importante do processo produtivo. A cotonicultura tem exigências muito específicas e cada decisão tomada pelo produtor e suas equipes técnicas, os equipamentos utilizados e as condições climáticas terão um peso imenso tanto na produtividade da lavoura quanto na qualidade do algodão colhido.

Desde a sua fundação, em 16 de setembro de 1997, a AMPA vem atuando no sentido não só de orientar os produtores sobre a melhor forma de atuar em cada etapa. Evidenciou-se então a necessidade de um manual que facilitasse o acesso aos conhecimentos necessários por parte de todas as pessoas envolvidas no beneficiamento do algodão, reunindo informações que ficassem disponíveis para quem trabalha com o algodão no dia a dia nas algodoeiras e também para instituições de ensino e pesquisa.

Nesses 15 anos evoluímos muito em termos de maquinário, novos fornecedores surgiram e hoje são oferecidas aos produtores máquinas cada vez mais eficientes e sofisticadas, que exigem profissionais ainda mais qualificados para o seu manuseio. Esta é a ideia central deste manual, que não deixa de contemplar o equipamento mais antigo, porém está antenado com as novas tecnologias e exigências da moderna cotonicultura mato-grossense.

Esperamos que ele contribua para consolidar a posição do algodão brasileiro.

FICHA TÉCNICA
Manual de Beneficiamento do Algodão

EDITOR
IMAmt
www.imamt.com.br

EDITOR TÉCNICO
Jean-Luc Chanselme

REVISÃO
Maria Cristina de Aguiar Campos

EDITORAÇÃO
Criari Comunicação

PROJETO GRÁFICO
Editora Casa da Árvore

PUBLICAÇÃO
2014
Edição 2
2.000 exemplares

ISBN
978-85-66457-02-5

CONTATO
Av. Rubens de Mendonça, 157. Sala 101. Ed. Mestre Ignácio. Cuiabá (MT). CEP 78.008-000
Fone: (65) 3321-6482
ima@imamt.com.br

HOMENAGEM

Queremos aproveitar a oportunidade para homenagear o saudoso Thimoty Pearson (1939-2010), que jamais será esquecido pelos cotonicultores e por todos que participaram do crescimento dessa cultura em nosso Estado por sua contribuição para a melhoria da qualidade do algodão de Mato Grosso.

PALAVRA DO DIRETOR

ALVARO SALLES
Diretor Executivo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt)

A elaboração deste manual foi fruto da interferência de vários colaboradores, que ao longo das discussões, foram sendo consultados e assim contribuíram com o conteúdo final. Pessoas como os senhores Wilhelmus Uitdewilligen, Christopher Ward, Hans Tubben e Alvaro Salles Filho, nos auxiliaram nas discussões iniciais sobre os rumos que daríamos para desenvolver o conteúdo. Vale ressaltar que o livro Cotton Ginners Handbook, editado pelo USDA foi uma importante referência que evidenciou a necessidade de termos um manual de beneficiamento com a abordagem para as situações brasileiras.

Por fim, convidamos os senhores Jean Luc e Paulo Ribas para que reunissem e desenvolvessem os diversos capítulos. Com a ajuda dos demais autores, foi possível a conclusão deste manual, que certamente preencherá uma lacuna sobre o beneficiamento do algodão no Brasil, que é tão carente em publicações específicas nesta área de conhecimento. Esperamos que os interessados possam utilizá-lo da melhor maneira a fim de a cada ano garantirmos a qualidade do beneficiamento do algodão brasileiro.

O apoio financeiro do IBA e a colaboração de toda a equipe do IMAmt foi fundamental para que pudéssemos ter este manual distribuído a todos os interessados, com o menor custo possível. Dessa forma, o IMAmt cumpriu mais uma vez a seu papel, que é desenvolver e difundir conhecimento para todos os produtores desta cultura apaixonante que é o algodão.

O nossos sinceros agradecimentos à diretoria atual e às anteriores, que entenderam a importância deste projeto e o apoiaram sem restrições desde o início e a todos os demais, que de forma direta ou indireta contribuíram com este Manual.

QUEM SOMOS

O Instituto Mato-grossense do Algodão tem o propósito de oferecer total suporte a pesquisas necessárias para o desenvolvimento e fortalecimento da cotonicultura. Além de profissionais altamente capacitados, possui uma ampla infra-estrutura no campo experimental em Primavera do Leste, com laboratórios de fitopatologia, sementes e entomologia, estrutura para beneficiamento, armazenamento de sementes, deslintamento, câmaras frias.

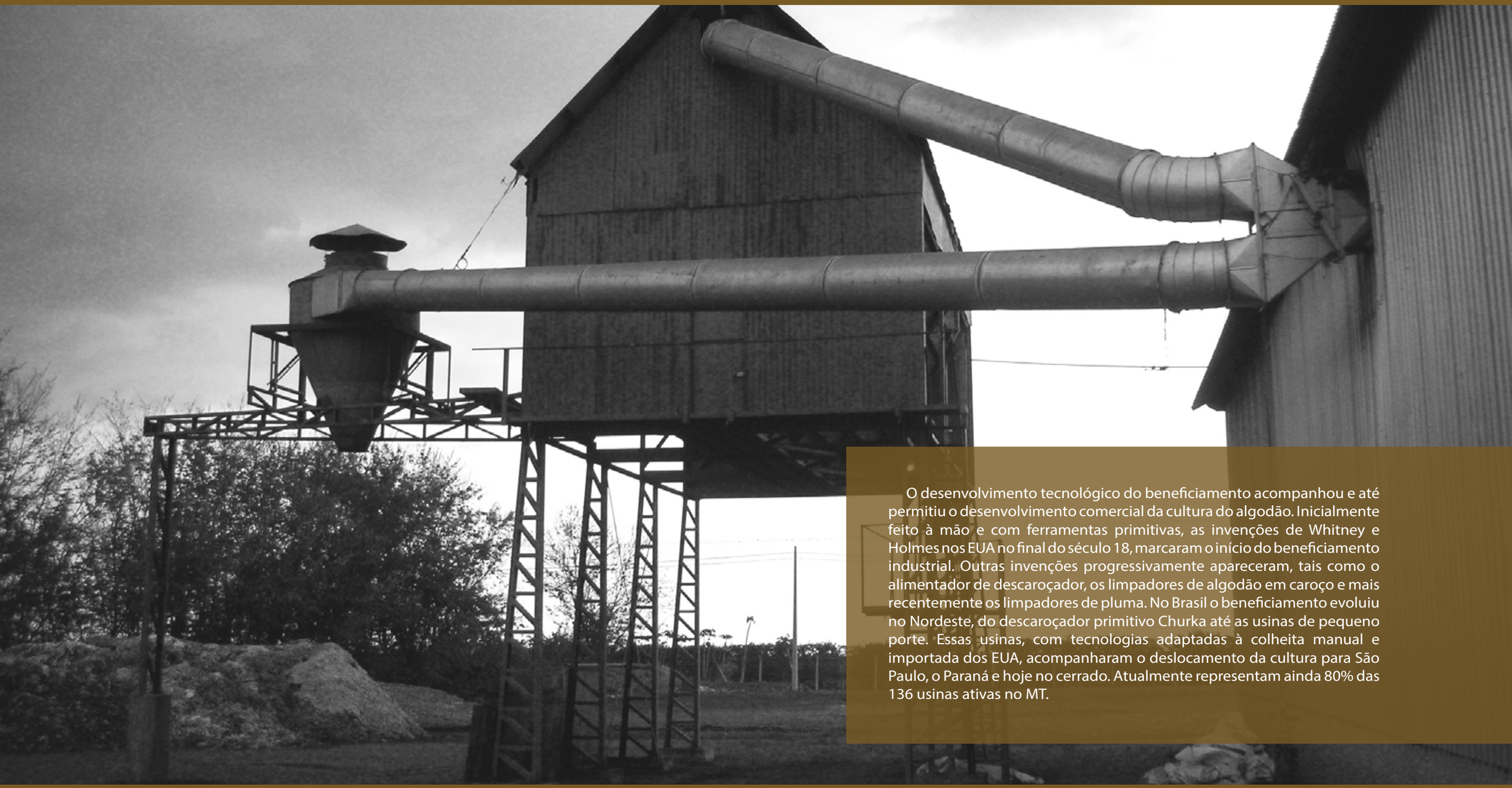
ima mt
INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1
HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO 9
CAPÍTULO 2
CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO 17
CAPÍTULO 3
COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE 27
CAPÍTULO 4
CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO 49
CAPÍTULO 5
GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA 65
CAPÍTULO 6
IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO 79
CAPÍTULO 7
O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO 87
CAPÍTULO 8
TRANSPORTE DE MATÉRIAS NA ALGODOEIRA 171
CAPÍTULO 9
UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA EM ALGODOEIRAS 195
CAPÍTULO 10
AUTOMAÇÃO NA ALGODOEIRA 219
CAPÍTULO 11
MANUTENÇÃO NAS ALGODOEIRAS 229
CAPÍTULO 12
SEGURANÇA EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE ALGODÃO 247
CAPÍTULO 13
FUNÇÕES DA EQUIPE DA ALGODOEIRA 271
CAPÍTULO 14
QUALIDADE DA FIBRA E DO CAROÇO 285
CAPÍTULO 15
A CLASSIFICAÇÃO DO ALGODÃO 299
CAPÍTULO 16
A INDÚSTRIA TÊXTIL E A QUALIDADE DA FIBRA DE ALGODÃO 315
CAPÍTULO 17
O BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO ADENSADO 339
CAPÍTULO 18
O BENEFICIAMENTO DE ROLO 351
CAPÍTULO 19
MEDIDORES PORTÁTEIS DE UMIDADE DO ALGODÃO E DO AR 359

CAPÍTULO I

HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO



O desenvolvimento tecnológico do beneficiamento acompanhou e até permitiu o desenvolvimento comercial da cultura do algodão. Inicialmente feito à mão e com ferramentas primitivas, as invenções de Whitney e Holmes nos EUA no final do século 18, marcaram o início do beneficiamento industrial. Outras invenções progressivamente apareceram, tais como o alimentador de descaroçador, os limpadores de algodão em caroço e mais recentemente os limpadores de pluma. No Brasil o beneficiamento evoluiu no Nordeste, do descaroçador primitivo Churka até as usinas de pequeno porte. Essas usinas, com tecnologias adaptadas à colheita manual e importada dos EUA, acompanharam o deslocamento da cultura para São Paulo, o Paraná e hoje no cerrado. Atualmente representam ainda 80% das 136 usinas ativas no MT.

Foto: Cotimes do Brasil

HISTÓRIA DO BENEFICIAMENTO DO ALGODÃO

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

1. História do beneficiamento no mundo

O algodão é conhecido no mundo desde os mais remotos tempos. Em escavações arqueológicas, pesquisadores encontraram vestígios de tecidos de algodão de uma era anterior a Cristo. Peru, Egito, Sudão e toda a Ásia menor já utilizavam o algodão como produto de primeira necessidade. Na Europa, os árabes foram os primeiros a fabricar tecidos e papéis com essa fibra (BARBOSA, 2005). Em 1736, a Inglaterra iniciou a manufatura de fios de algodão com linho. Nos Estados Unidos, a produção se expandiu rapidamente durante a Guerra de Independência (1775-1783). Tempos depois, outros países passaram também a ser grandes produtores em escala comercial, como Rússia, China, Índia, Paquistão, Egito e Brasil.

Figura 1.1. *Modelo de Churka oriental.* (Foto: *CIRAD, [19--]).*

Inicialmente, o beneficiamento se dava manualmente ou com a utilização de um descaroçador denominado Churka, originado na Índia (300 a.C.), que era uma pequena máquina de operação manual constituída de 2 rolos de madeira que agarravam as plumas e as puxavam (Figura 1.1), separando-as das sementes. Essa máquina era mal adaptada ao algodão herbáceo *(Gossypium hirsutum)*.

Após os descaroçadores de rolo, em meados de 1794, o americano Eli Whitney patenteou uma máquina que utilizava dentes metálicos inseridos num tambor de madeira (Figura 1.2). Apesar de ser rudimentar e manual, essa invenção deflagrou uma verdadeira revolução na indústria de beneficiamento de algodão e estimulou sua produção, que quadruplicou em alguns anos.

Dois anos depois da invenção de Whitney, outro construtor americano, Henry O. Holmes, apresentou uma máquina utilizando serras circulares montadas num eixo e girando entre costelas metálicas (Figura 1.3). O princípio de base do beneficiamento mecânico e contínuo era inventado.

Depois, os descaroçadores sofreram profundas alterações, principalmente referentes a serras e desenho de dentes, costelado, sistema de saída de caroço, dispositivos de limpeza do algodão em caroço e fibra. Com a evolução dos descaroçadores, o beneficiamento artesanal se tornou mais industrial. As máquinas, inicialmente com 16 serras de 20 cm de diâmetro, passaram para 30 serras de 25 cm, e 60, 70, 80 e 90 serras de 30 cm. Outras evoluções, para aumentar a produtividade de cada máquina, levaram à adoção de serras de 41 e 46 cm. Atualmente, há máquinas com até 201 serras.

A prensa de rosca apareceu em 1800. O primeiro alimentador de descaroçador foi utilizado em 1834. Com expansão da cultura nos Estados Unidos, tornou-se necessário limpar o algodão em caroço antes de ele entrar no descaroçador (1900). E, com a colheita mecânica e a produtividade ainda mais elevada dos descaroçadores, apareceram os limpadores de pluma em meados de 1950 (MAYFIELD e ANTHONY, 1994).

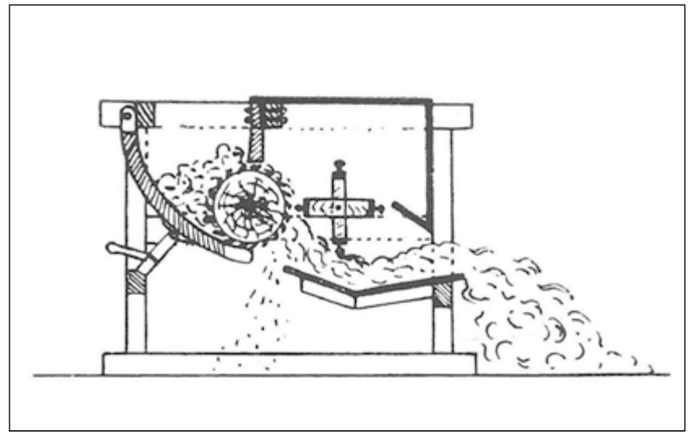


Figura 1.2. *Descaroçador de Whitney.* (Fonte: *PILETTE, 1959, p. 29).*

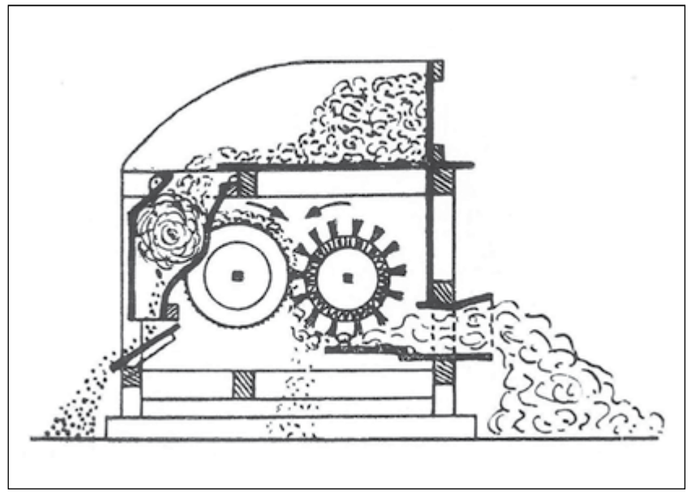


Figura 1.3. *Descaroçador de Holmes.* (Fonte: *PILETTE, 1959, p. 29).*

2. História do beneficiamento no Brasil

Em nosso país, na época do descobrimento, os indígenas já cultivavam o algodão e o convertiam em fios, para a utilização na confecção de redes e cobertores. A cultura começou no Norte e no Nordeste. O primeiro grande produtor foi o Maranhão, que, em 1760, exportou para a Europa suas primeiras sacas do produto (BELTRÃO, 2003). Depois do Maranhão, seguiu-se todo o Nordeste, tornando-se a primeira grande região produtora do país com o Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Bahia. De São Paulo, que mais tarde se firmou como grande centro produtor, o algodão se expandiu para o Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e também Minas Gerais, formando a zona meridional, responsável pela grande produção algodoeira do

Brasil. Atualmente, a produção está altamente concentrada nos estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás, assim como o parque fabril de beneficiamento.

O beneficiamento do algodão no Brasil começou na mesma época. Contando com a mão-de-obra de escravos, também utilizava a Churka oriental, embora os processos mecanizados já estivessem iniciando em outros países.

Com a expansão da cultura no Paraná, na década de 1980, as usinas que estavam desativadas, no Nordeste do Brasil e algumas em São Paulo, foram deslocadas para o estado, a fim de suprir a demanda de beneficiamento criada pelo crescimento. O mesmo aconteceu quando, por problemas financeiros e de manejo fitossanitário, ocorreu a migração da lavoura para a zona do cerrado brasileiro. Os produtores que empreenderam nestas regiões trouxeram consigo as usinas desativadas no Paraná.

Em Mato Grosso, a expansão inicial do algodão gerou a instalação da primeira usina de beneficiamento na cidade de Rondonópolis, em 1966, conhecida como Algodoeira Centro-Oeste (FREIRE, 2007). A partir de então, diversas outras foram implantadas, principalmente entre 1998 e 2004. Atualmente, o estado conta com, aproximadamente, 120 usinas de diversos modelos, entre antigas e modernas, que processam o ouro branco do Cerrado. Para a safra de 2010/11, segundo dados da AMPA, estas usinas atenderam uma área em torno de 670 mil hectares.

Em Mato Grosso, o índice de usinas com processos modernos é similar ao montante no Brasil (Figura 1.4), com cerca de 20%, enquanto as usinas que possuem processos de modelo e fabricação antigas somam 80%.

As usinas antigas são as de pequena capacidade, concebidas para algodões colhidos manualmente. A sequência de máquinas desenvolvidas nos Estados Unidos nos anos 1950 é baseada num conjunto de 5 a 6 descaroçadores de tipo Murray 80 ou 90 serras (Figura 1.5). Estas usinas produzem, em média, de 8 a 12 fardos de 200 kg por hora e por conjunto, a um custo bastante elevado. As usinas comportam de 1 a 4 conjuntos. A qualidade da fibra obtida não está totalmente de acordo com as ambições da cadeia de produção para o mercado internacional. Equipamentos deste tipo ainda são fabricados no Brasil por dois dos construtores nacionais.

Usinas modernas e de capacidade elevada são de fabricação americana ou brasileira. Os seus processos são tecnologicamente bem mais avançados e mais adaptados à colheita mecânica (secagem, limpeza do algodão em caroço e da fibra, automatização), com 2 a 3 descaroçadores de capacidade individual máxima de 15 fardos por hora (Figura 1.6). As usinas modernas são amplamente automatizadas e precisam de pouca mão-de-obra.

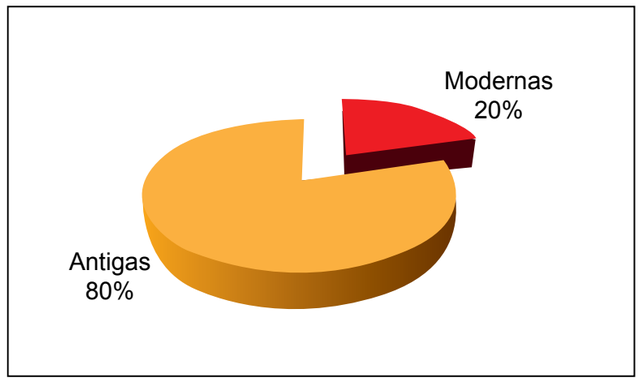


Figura 1.4. *Proporção de usinas antigas e modernas no Brasil.*

O beneficiamento é um dos processos mais importantes da cadeia produtiva do algodão. Sua qualidade é totalmente dependente de uma colheita bem feita. Pensar em aumentar os seus rendimentos colhendo fora das normas recomendadas (principalmente de umidade do algodão, velocidade e ajustes) é um erro, pois tanto o custo do descaroçamento será elevado como a qualidade da fibra será reduzida.

Considerando que, no Brasil, a colheita é essencialmente mecânica, o algodão em caroço é carregado de matérias estranhas e a época de descaroçamento pode muitas vezes chegar ao período úmido, as usinas antigas apresentam limites de processo ou de gestão. No entanto, há a vontade de melhorar e progredir constantemente, apesar das crises que se apresentam.

Figura 1.5. *"Conjunto" típico de uma usina antiga.*(Foto: *Cotimes, 2007).*

A capacitação é um instrumento essencial e que traz muitos resultados positivos, desde que aplicada devidamente e de forma continuada. A conscientização e a profissionalização por parte dos produtores, proprietários, prestadores de serviço, gestores, pesquisadores, operadores e demais indivíduos que se envolvem na atividade podem melhorar a qualidade do beneficiamento e a utilização planejada do processo para reduzir o custo de produção e, assim, dar continuidade a uma história de sucesso na cotonicultura brasileira.

Figura 1.6. *Usina moderna de fabricação brasileira.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, W. S. MAYFIELD, W. D.; **Cotton Ginners Handbook US Departament of Agriculture**, Agricultural Handbook 503. 348pp.

BARBOSA, F. B. C. **Cadernos de Ciência & Tecnologia.** Brasília: Secretaria Executiva de Agricultura do Estado do Pará, v. 22, n. 3, p. 587-611, set./dez. 2005.

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil.** Campina Grande: Embrapa, 2003.

FREIRE, E. C. **História do algodão no Cerrado** – Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília: Abrapa, 2007.

PILETTE, M. **La technique de l'egrenage du coton.** [s.l.]: CCC, 1959.

Foto: Cotimes do Brasil

CAPÍTULO 2

CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO

O cultivo algodoeiro no cerrado brasileiro é realizado em sistema convencional (cultivo único na safra agrícola) ou de duplo cultivo (sucessão soja precoce-algodão algodão segunda safra ou algodão adensado). Para cada sistema de cultivo, as diferentes etapas de manejo podem incidir sobre a qualidade do algodão produzido na lavoura. Os manejos de maior reflexo sobre a qualidade do algodão em caroço são: a escolha da variedade, principalmente do ciclo em função da época de plantio; o manejo das plantas daninhas e das pragas até a abertura dos capulhos e, finalmente, o preparo da lavoura para a colheita, usando desfolhantes e maturadores. A partir desse potencial de qualidade gerado no campo, a colheita e o beneficiamento precisam ser ajustados para degradar o menos possível a qualidade da fibra ao longo dos processos.

Foto: Cotimes do Brasil

CULTIVO DO ALGODOEIRO NO CERRADO BRASILEIRO

Jean-Louis Belot
IMAmt - Primavera do Leste-MT
jeanbelot@imamt.com.br

Desde o início do ano 2000, o cultivo do algodoeiro no Brasil vem se deslocando para a região Centro-Oeste, deixando os estados do Paraná e São Paulo. O cerrado do Brasil Central é caracterizado por uma topografia propícia à mecanização dos cultivos. Apesar de os solos apresentarem boas qualidades físicas em geral, eles possuem características químicas deficientes. Os solos ácidos sempre necessitam de correção com calcário e apresentam baixa fertilidade natural, com níveis deficientes de potássio e fósforo.

Assim, o cultivo do algodoeiro no cerrado requer um alto nível de insumos, devido ao tipo de solo e ao clima tropical úmido, que favorece muitas doenças e Nematóides. No Mato Grosso, grandes produtores o realizam cada vez mais, em áreas superiores a 2.000 ha, ou por grupos agroindustriais que manejam mais de 20 ou 50.000 ha. Estes produtores são muito bem estruturados para o cultivo do algodoeiro, possuindo infraestruturas de produção e de beneficiamento do algodão, vendendo diretamente a fibra no mercado interno ou internacional.

1. Os sistemas de cultivo

Atualmente, coexistem diversos sistemas de cultivo do algodoeiro no cerrado de Mato Grosso:

1.1. Sistema de cultivo de safra

Requer espaçamento de 0.90 m ou 0.76 m entre linhas, com plantios de final de novembro até início de janeiro, em função do estado e da distribuição pluviométrica. Geralmente, este sistema é estabelecido em cima de um manejo convencional do solo em sistema de monocultivo, poucas vezes com rotações de culturas. Depois da destruição da soqueira da cultura de algodão anterior e a eventual correção do solo, caso as chuvas cheguem cedo, pode ser semeada uma cobertura de milheto, no início de setembro. Esta cobertura é dessecada 15 dias antes da semeadura do algodão, que será feito em plantio direto. Este sistema é chamado de "semi-direto".

O sistema de plantio direto é uma realidade em Mato Grosso, mas enfrenta ainda resistência na sua adoção por parte dos produtores, devido a diversos fatores técnico-econômicos. Os produtores de algodão precisam se estruturar com material específico e as fazendas devem se especializar, deixando pouco espaço para a soja ou o milho entrarem em rotação. Outro fator importante é a necessidade de destruição de soqueiras do algodoeiro, sendo a destruição mecânica recomendada pelo Indea, em detrimento das práticas conservacionistas. No sistema de plantio direto, é indispensável produzir biomassas importantes. Além do milheto, coberturas de *Brachiaria ruziziensis* estão sendo usadas. Podem ser plantas adequadas para a integração agricultura -pecuária.

Para este sistema de "safra", só a colheita com fusos é usada (Figura 2.1).

Figura 2.1. *Colheita de algodão de safra com máquinas de fusos.* (Foto: *José Medeiros, 2009).*

1.2. Sistema de segunda safra

Plantio muito difundido na parte norte de Mato Grosso, com período de chuvas mais extenso e altitudes mais baixas, o que favorece o encurtamento do ciclo do algodão.

Depois de uma cultura de soja precoce (semeada em setembro ou início de outubro), ela é colhida em janeiro e, imediatamente após, o algodão é semeado em plantio direto, geralmente com espaçamentos de 0.76 m. A população de planta usada é maior do que em sistema convencional e a colheita é realizada com colheitadeiras de fusos.

1.3. Sistema de plantio adensado do algodoeiro

O plantio comercial deste sistema iniciou no estado de Mato Grosso na safra 2008/09. Em 2011, ele ocupava mais de 80.000 ha. Como no caso da safrinha, o algodão é semeado em plantio direto depois de uma soja precoce. Porém, devido ao encurtamento do ciclo da lavoura adensada, o plantio pode ser realizado até o início de fevereiro e permite encaixar o sistema de duplo cultivo soja-algodão em quase todas as regiões do Mato Grosso e alguns outros estados. O plantio é realizado a 0.45 m de espaçamento, para poder usar as plantadeiras de soja, com populações de 230 a 250.000 plantas/ha. As plantas são trabalhadas para chegar à colheita com uma altura máxima de 90 cm, sendo as lavouras colhidas com colheitadeiras tipo *"stripper"* de pentes ou de escovas (Figuras 2.2 e 2.3). Poucas áreas são colhidas com plataformas de fusos, modificadas com o sistema Pro12 VRS da John Deere.

Figura 2.2. *Colheita do algodão adensado com máquinas de pente.* (Foto: *Emilio Pereira, 2009).*

Figura 2.3. *Colheita do algodão adensado com máquinas "stripper" de escova.* (Foto: *Jean-Louis Belot, 2009).*

A coexistência desses três sistemas já é uma realidade em Mato Grosso. A distribuição de cada sistema dependerá de considerações econômicas, com custos de produção inferiores para o sistema adensado, ou de clima, principalmente a distribuição das chuvas, permitindo ou não um sistema de duplo cultivo.

2. Manejo cultural

2.1. Destruição de soqueira

Qualquer que seja o sistema usado, a primeira etapa do cultivo é a destruição do cultivo anterior, a fim de não multiplicar pragas e doenças na entressafra.

A destruição mecânica de soqueira do algodão é geralmente realizada roçando as hastes da planta, e a destruição definitiva é feita revolvendo o solo com grade aradora, grade capinadora ou implementos de tipo subsoladores ou cortadores. Alguns equipamentos foram desenvolvidos para que se realizem estas operações de uma única vez, usando a tomada de potência do trator.

A destruição química da soqueira é realizada com o uso de herbicidas logo após a trituração das hastes, ou depois que o rebrote seja suficiente para absorver os herbicidas.

A destruição mecânica é recomendada pelos serviços de proteção fitossanitários oficiais, porém a destruição química começa a ser difundida por produtores, adotando sistemas de plantio direto integral.

2.2. Escolha da variedade

Em Mato Grosso, a diversidade aumentou muito nos últimos anos. De modo geral, o mesmo polo de variedades é usado nos três sistemas, mas com o posicionamento diferente em função da época de plantio.

Geralmente, para a abertura de plantio, as variedades mais usadas são as de ciclo tardio, com alto potencial produtivo. Depois, entram as variedades de ciclo intermediário e precoces, para o fechamento do plantio.

A escolha da variedade não pode ser independente do sistema onde ela vai ser usada, e também da época de plantio. É importante lembrar que o posicionamento de uma variedade tardia no final do plantio acarreta riscos elevados de produtividade, mas também de qualidade de fibra. Se atrasar o plantio, o risco de ter Índices *Micronaires* (IM) baixos devido à falta de maturidade aumenta. Algumas variedades usadas são transgênicas, principalmente com a tecnologia Liberty Link (LL), propiciando resistência ao glufosinato de amônio. Esta tecnologia teve ampla difusão devido à multiplicação das áreas com problemas de plantas daninhas como o "leiteiro" e o "picão-preto", resistentes aos herbicidas comumente usados na soja e no algodão. A tecnologia LL pode contribuir para melhorar a limpeza das lavouras no momento da colheita e aliviar a carga de impurezas do algodão em caroço colhido. Estas variedades transgênicas são de grande auxílio para o manejo do sistema adensado, já que a aplicação de herbicidas em jato dirigido não pode ser usada com essa configuração de plantio.

2.3. Plantio e população de plantas

O plantio é uma das etapas-chave do cultivo (Figura 2.4). Cada sistema e cada variedade possuem as suas recomendações de densidade final de plantas, em função do espaçamento entre linhas.

Figura 2.4. *Lavoura adensada com boa densidade de plantas.* (Foto: *Jean-Louis Belot, 2009).*

Dependendo do objetivo de densidade final de planta na linha, o produtor calcula o número de sementes a colocar na linha, em função do poder germinativo da semente e do risco de perder plantas por causa de insetos cortadores, como a "lagarta elasmo", "lagarta-rosca" ou até o percevejo castanho, e também por tombamento devido a fungos.

No caso do sistema adensado, a regularidade de distribuição das plantas na linha é mais um fator a se levar em conta, sendo a irregularidade de distribuição um possível fator de engalhamento, e consequente elevação da carga de impurezas do algodão produzido. Para o sistema adensado, principalmente quando se trata da colheita com plataforma de pentes, é preciso colher plantas sem ramos laterais compridos e com haste fina.

A densidade de planta na linha terá que ser elaborada pensando-se também na posição dos primeiros capulhos. Algumas variedades com boa retenção do baixeiro, precisam ter densidade mínima de planta na linha a fim de elevar a carga e limitar as perdas na colheita.

2.4. Fertilização do algodoeiro

Os solos do cerrado são basicamente Latossolos, ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, e com deficiência generalizada de nutrientes. De outro lado, o algodoeiro é uma planta exigente em fertilidade para poder alcançar altos níveis de produtividade. Neste tipo de solo, o nível de matéria orgânica e sua manutenção é elemento-chave para a sustentabilidade da produção agrícola.

A quantidade dos diversos fertilizantes a usar na cultura dependerá do seu sistema de cultivo, do cultivo anterior, do objetivo da produção e do tipo de solo. Em função das análises de solo, existem tabelas de recomendações para os diversos elementos (N, P, K), bem como para os macroelementos e microelementos.

É importante lembrar que tanto a quantidade como a qualidade da fibra podem ser diretamente influenciadas pela fertilização da lavoura. Em particular, deficiências em potássio podem ser responsáveis por baixa resistência de fibra, devido à importância deste elemento na sua composição.

2.5. Controle fitossanitário

O controle das plantas daninhas é outro ponto chave do manejo da lavoura, para chegar com o campo limpo no momento da colheita. Ressaltamos a importância do uso adequado dos herbicidas, a fim de limitar o aparecimento de plantas resistentes. Algumas variedades transgênicas são as ferramentas mais disponíveis para o produtor manejar a sua lavoura.

Um bom controle das pragas e das doenças é indispensável para assegurar um alto nível de produtividade. Nas fazendas, técnicos especializados (os "pragueiros") fazem levantamentos regulares das pragas e das doenças em todos os talhões. Cada um cuida, em média, de 500 ha de lavoura, sendo realizados dois levantamentos semanais. Em função da presença das pragas e de sua dinâmica, são elaboradas as recomendações para o seu controle químico.

Certa porcentagem da área algodoeira é cultivada com variedades transgênicas, o que facilita o manejo dos lepidóptero-alvo. A sua adoção não foi tão ampla como em outros países devido à presença de um perfil de pragas muito amplo no cerrado, como o "bicudo", por exemplo.

Deve-se prestar atenção às pragas de final de ciclo, que podem acarretar problemas de pegajosidade na fibra. As principais pragas responsáveis por depósitos açucarados no algodão de capulhos abertos são as moscas brancas (*Bemisia tabaci*) e o pulgão (*Aphis gossypii*). No entanto, na safra de 2010, algumas áreas de Mato Grosso foram infestadas no momento da colheita pela cochonilha (*Phenacoccus spp*). Em anos chuvosos na colheita, favorecendo o enfolhamento do algodão, a coordenação entre as últimas aplicações de inseticidas, a desfolha e a colheita é de suma importância para não prejudicar a qualidade do algodão em caroço colhido.

As regiões agroecológicas do cerrado são provavelmente, no mundo, as que sofrem maior pressão de doenças, principalmente fungos, bactérias e vírus da Doença Azul ou da Virose Atípica. Ademais, os Nematóides vêm se tornando um problema sério nos últimos anos, com o *Meloidogyne incógnita*, o *Rotylenchulus reniformis* e o *Pratylenchus*

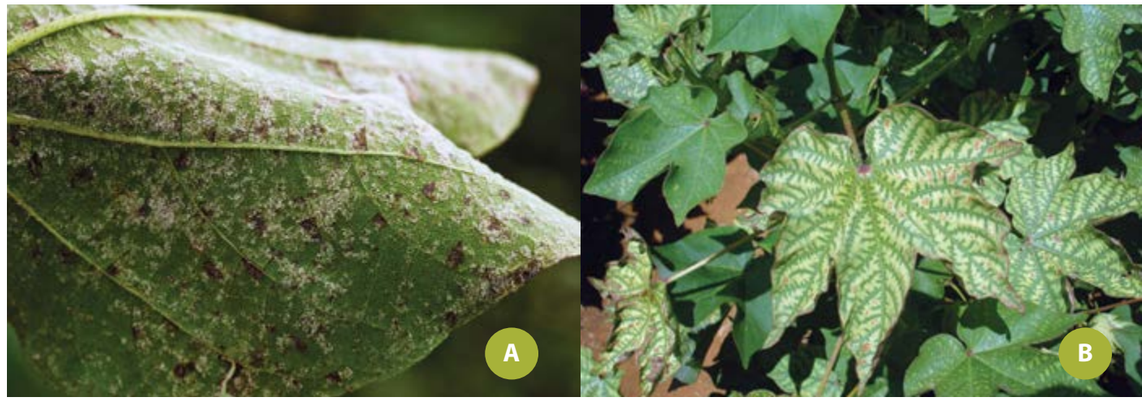


Figura 2.5. *Doenças e Nematóides do cultivo algodoeiro no cerrado. A: Ramulária e B: Nematoides de galhas.* (Foto: *Rafael Galbieri, 2010).*

brachyurus (Figura 2.5). O melhor meio de controle para doenças e Nematóides é o uso de variedades resistentes ou tolerantes, mas o controle químico pode ser indispensável.

As aplicações de fungicidas visam principalmente o controle da ramulose, provo-

cada por *Colletotrichum gossypii*, e da ramulária, provocada por *Ramulária aréola*, mas também de outros fungos secundários, como alternária, stemphylium ou mirotécio.

As viroses, transmitidas pelos pulgões, são controladas em variedades sensíveis através do controle dos pulgões, necessitando, geralmente, de 3 a 4 aplicações de inseticidas específicos.

2.6. Controle do crescimento das plantas

A regulação do crescimento em altura das plantas é fundamental em ambientes chuvosos, como em Mato Grosso, principalmente para o cultivo de safra. É uma maneira de equilibrar melhor os fluxos de nutrientes entre as partes vegetativa e reprodutiva.

O uso dos reguladores de crescimento é bem dominado pelos produtores de algodão do cerrado. A primeira aplicação é realizada por ocasião do aparecimento do primeiro botão floral e as aplicações sucessivas de acordo com o crescimento diário das plantas. Em sistema convencional ou de safrinha, o objetivo é ter plantas de altura final não muito superior a 1,4 m; caso contrário, podem ocorrer perdas na colheita ou contaminações do algodão em caroço.

Os produtos mais usados são o cloreto de mepiquat – "PIX ou PIX HC" – e o cloreto de chlormequat (TUVAL). Dependendo da formulação, eles devem ser reaplicados quando ocorrer chuvas, de duas a 12 horas após a aplicação. Em todos os casos, estes reguladores não podem ser usados quando a planta é estressada, devido à aplicação de herbicidas ou em caso de estresse hídrico.

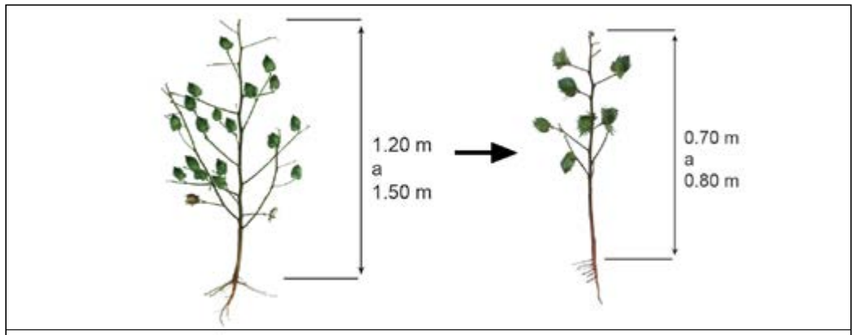


Figura 2.6. *Uso de Pix para reduzir a altura da planta, em sistema adensado e convencional.* (Fonte: *Jean-Louis Belot, 2010).*

No caso do sistema adensado, foi necessário modificar esses conceitos para regular a altura das plantas a, no máximo, 0,90 m no momento da colheita (Figura 2.6). É recomendado adiantar a primeira aplicação de regulador de crescimento, com quase 20 dias após a emergência, depois de ter passado o estresse ligado ao herbicida pós-emergente, quando usado. A frequência das aplicações subsequentes é aumentada, assim como as doses aplicadas. Não é raro fechar o ciclo do algodão adensado com mais do triplo da dose usada no sistema convencional.

2.7. Preparação da lavoura para a colheita

A maioria das lavouras de algodão de Mato Grosso é desfolhada antes da colheita, com produtos específicos ou com maturadores.

O principal produto desfolhante usado no cultivo algodoeiro é o Thidiazuron. O momento da sua aplicação tem que obedecer a certas regras; caso contrário, podem ocorrer problemas com a qualidade de fibra. Geralmente, considera-se que os desfolhantes podem ser aplicados quando, no mínimo, 80% dos capulhos estiverem abertos ou quando se constatar a maturação fisiológica da última maçã que compensa ser colhida. O uso dos desfolhantes é uma ferramenta importante para a colheita de um algodão de máxima qualidade, com grau de folha baixo e sem impurezas, como a "pimenta" (pequenas partículas de folhas ou resíduos secos das plantas).

Os maturadores ajudam na abertura dos capulhos. Muitas vezes, são usados depois da aplicação dos desfolhantes, atingindo diretamente as maçãs para elas se abrirem mais rapidamente. O principal produto usado é o Ethephon, cuja eficiência é muito ligada à temperatura ambiente.

Finalmente, com a lavoura limpa e sem plantas daninhas, a altura da planta regulada em função do sistema convencional ou adensado, depois de ser preparada com desfolha e abertura da maioria dos capulhos, a colheita poderá ser efetuada, nas melhores condições possíveis.

CAPÍTULO 3

COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE

No cerrado Brasileiro, devido a larga escala de produção e as grandes áreas cultivadas, a colheita do algodão é mecanizada, tanto para o algodão convencional como para o adensado. As colheitadeiras utilizam fusos, pentes ou escovas. A colheita tem impacto sobre a qualidade da fibra e condiciona o beneficiamento na usina e, portanto, deve ser preparada e realizada de maneira adequada, considerando o custo benefício global da empresa. O algodão é armazenado e transportado na forma de fardões retangulares ou cilíndricos. Cuidados no armazenamento, no transporte e no manuseio do algodão em caroço são essenciais para a qualidade dos produtos e a produtividade na algodoeira.

Foto: Cotimes do Brasil

COLHEITA DO ALGODÃO, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

1. A colheita

A colheita do algodão é um processo importante dentro da cadeia produtiva, pois se trata de finalizar todo o trabalho de manejo da lavoura realizado desde o plantio, e de preservar o potencial produtivo agora estabelecido. É um momento que exige cuidados e atenção especial, para que a rentabilidade da cultura não seja afetada de forma negativa por problemas decorrentes da ação humana.

São duas as formas de efetuar a colheita do algodão: manualmente e mecanicamente. O que pode definir a forma a ser utilizada é o tamanho e as características da área, a disponibilidade de máquinas e equipamentos, pessoal capacitado, o tempo disponível e o custo-benefício do trabalho.

Num passado recente, o Brasil efetuava 100% de sua colheita de forma manual. Em alguns países, como África ou China, a colheita manual é ainda muito utilizada. É uma colheita bastante seletiva, que possibilita uma separação acentuada de impurezas e matérias estranhas da fibra que está sendo colhida. Devido a isto, as perdas registradas no beneficiamento são baixas (entre 3 e 5%) e os padrões de qualidade produzidos são superiores e variam entre os tipos 11-1 e 21-2. A demanda muito alta de tempo necessário para a sua execução é um dos fatores que pesam contra, assim como, a necessidade de muita mão-de-obra. É interessante lembrar que, no caso da colheita manual no Brasil, devido ao tipo de remuneração usada, em função do peso colhido, o tipo de algodão em caroço obtido era muitas vezes inferior ao tipo colhido mecanicamente.

Com a migração da cultura algodoeira para o cerrado e as extensas áreas de plantio, a colheita mecanizada praticamente extinguiu a colheita manual. No cerrado, quase 100% da área é colhida mecanicamente, razão pela qual trataremos exclusivamente deste tipo de colheita.

1.1. Os diversos tipos de colheita mecânica

No Brasil, com o desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo, convencional e adensado, são utilizados diversos sistemas de colheita mecanizada baseados, principalmente, no sistema *picker*, com fusos, e sistema *stripper*, com plataformas de pente ou de escovas.

1.1.1. Sistema de colheita por fusos (Picker), para sistema de cultivo convencional ou de segunda safra

A colheita efetuada com equipamento de fusos é normalmente utilizada em algodões cultivados pelo sistema de plantio convencional, com espaçamento de 0,90 m e 0,76 m entre linhas. O sistema de fusos é uma técnica bastante seletiva utilizando ganchos giratórios com saliências (Figura 3.1) que removem apenas o algodão em caroço para fora dos capulhos abertos. Porém, diferentemente da colheita manual, ocasiona alguma contaminação vegetal na fibra devido à extração e ao carregamento, no ato da colheita, de cascas, folhas e também de caules/gravetos das plantas. Com uma colheita com fusos típica, as perdas registradas no beneficiamento variam entre 5 e 10%, ou uma média de 7%. Os padrões de qualidade produzidos variam de tipos superiores a médios, entre 21-2 e 41-4.

Segundo estudos efetuados pela USDA (WILLIFORD et al, 1994), colheitadeiras giratórias podem colher com uma eficiência de 95%, mas geralmente operam com eficiência de apenas 85-90%.

O algodão colhido nas unidades de fusos (Figura 3.2) é enviado por tubulações até um cesto atrás da máquina. Quando o cesto está completo, a máquina tem que descarregá-lo.

Figura 3.1. Costelas e fusos. (Foto: *Cotimes, 2004).*

Figura 3.2. Colheitadeira do tipo Picker(com unidades de fusos). (Foto: *Montana Agriculture, 2008).*

Figura 3.3. *Colheitadeira Case.* (Foto: *Case ih Agriculture, 2008).*

Atualmente, existem novas tecnologias para a colheita do algodão, onde as próprias colheitadeiras já possuem dispositivos que formam um módulo (fardão) sem a necessidade de descarga e posterior prensagem. O módulo formado é descarregado e depositado no chão da lavoura, onde está ocorrendo a colheita. São módulos de forma retangular (fabricante Case – Figura 3.3) e redonda/cilíndrica (fabricante John Deere – Figura 3.4). Posteriormente, o módulo retangular (que pesa em torno de 4.000 kg) deve ser embalado (em lona) e depois carregado por um transmódulo. Já no caso do redondo/cilíndrico, o fardão de, aproximadamente, 2.300 kg já sai da máquina embalado por uma lona tipo filme de polietileno. Pode ser carregado

Figura 3.4. *Colheitadeira John Deere.* (Foto: *John Deere Brasil, 2007).*

através de um guincho de garras acoplado num trator por um suporte plano acoplado a uma empilhadeira, pegando o fardão por baixo ou por um suporte pontiagudo de aço, tipo espeto, acoplado a uma pá carregadeira, como mostra a Figura 3.5 (Spear – fabricante Busa), pegando o fardão através da introdução da lança dentro dele. Posteriormente, o fardão é depositado num caminhão prancha, ou carroceria plana, ou ainda em caçambas de tratores.

Figura 3.5. *Dispositivo para pegar o fardão redondo.* (Foto: *Busa LTDA, 2011).*

Por se tratar de tecnologias muito recentes no Brasil, ainda não há um histórico de pesquisas e dados sobre elas no país. São várias empresas que começam a fazer uso dessas máquinas, porém buscando a melhor forma de adaptação para a operação do novo sistema.

1.1.2. Sistema de colheita por plataforma de pente ou escova (tipo *Stripper*)

O algodão produzido num sistema adensado e colhido com máquinas de tipo *"Stripper* (pente/escova)", conhecido como *Cotton Stripper*, tem características diferentes do algodão convencional colhido com máquinas "*Picker* (fusos)". Esta técnica não é seletiva, pois arranca muitas partes da planta que não passam entre as hastes do pente ou entre as escovas. O algodão em caroço imaturo ou de maçãs mal desenvolvidas (carimã) também é colhido. A contaminação é muito diversa (folha seca, folha verde, casquinhas, caules, maçãs verdes, terra, pedras). A taxa de contaminação varia muito e chega a ser de alta até muito alta, dependendo da gestão da lavoura, da preparação da colheita e da própria colheita. As perdas totais no beneficiamento variam de 15 a 50% do peso do fardão e os rendimentos de fibra de 20 a 35%. Os padrões de qualidade de algodão produzidos vão de superiores a baixos (31-2 a 51-5), ou pior. Por este motivo, é comum utilizar, durante a colheita, dispositivos que possibilitem a limpeza de matérias estranhas de maior dimensão ou peso, como maçãs verdes, cascas e caules.

Plataforma tipo "pente": Tem como característica a utilização de barras (Figura 3.6), tipo cantoneiras, dispostas paralelamente entre si, com a cavidade em forma de "V" voltada para cima cuja operação exige uma afinada aproximação do solo. De acordo com o Cotton Ginners Handbook - CGH (1994), essa distância corresponde de 15 a 20 graus do nível do solo. É um sistema bem adaptado para cultivos de lavouras com espaçamentos de 0,45 m entre plantas ou menos. A planta passa por entre as barras e, na extremidade final, o material é arrancado dela e empurrado por um rolo de pás de borracha, de lona ou metálica até uma rosca transportadora, tipo sem fim. Posteriormen-

Figura 3.6. *Plataforma de pente.* (Foto: *Jean-Louis Belot, 2009).*

Figura 3.7. *Plataforma tipo escova.* (Foto: *Cotimes, IMA, 2009).*

te, é transportado por ar até os cestos de recolhimento. Para a máxima eficiência deste tipo de colheita, é preciso ter plantas com haste fina, sem ramificações laterais compridas.

Plataforma tipo "escova": As máquinas denominadas escova (Figura 3.7) são um pouco mais complexas. Montadas por unidades individuais ou de duas linhas, cada linha composta de dois rolos com, aproximadamente, 16 a 18 cm de diâmetro, com as escovas nas extremidades que giram em direções contrárias e rolos tipo rosca sem fim para transportar o algodão até uma rosca maior. A plataforma caracteriza-se por ser montada em ângulo que chega a 30° de altura em relação ao solo. A planta passa entre os rolos e o material é extraído. Neste tipo de colheita, há uma seletividade maior das impurezas recolhidas em relação à plataforma tipo pente. Muitas maçãs verdes conseguem ser expelidas pelo movimento centrífugo e pela angulação dos rolos. Esta máquina também usa o sistema pneumático para coletar o material e armazená-lo no cesto da colheitadeira. A sincronização do movimento dos rolos, assim como o tamanho das pás, pode minimizar a agressividade da colheita. Já o índice de impurezas pode ser menor, conforme a regulagem de abertura dos rolos. A velocidade da colheita condiciona o aumento na quantidade de pedaços de plantas e cascas, portanto piora a classificação do algodão. Em média, o patamar acima de 8 km/h já é crítico.

1.1.3. Colheitadeiras de fusos para o adensado – sistema VRS

Já existe tecnologia, porém ainda pouco difundida, que utiliza unidades de fusos para sistemas de cultivo adensado, com espaçamentos de 0,38 e 0,50 m entre linhas e, recentemente, para espaçamentos de 0,45 m.

O sistema PRO12-VRS ou 16-VRS é baseado sobre o corte das plantas de uma fileira e do seu transporte na fileira adjacente, onde será realizada a extração do algodão dos capulhos. É assim chamado em função do número de fusos por barra (Figura 3.8). A unidade é equipada com uma faca rotativa para o corte das plantas a uma altura de 5 a 15 cm e condutores rotativos que as transportam em posição vertical, para se juntarem à fileira adjacente não cortada.

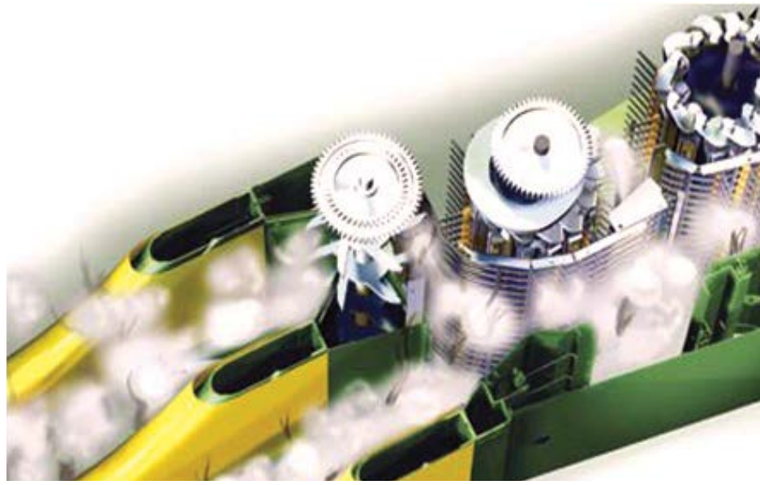


Figura 3.8. *Sistema de colheita PRO 12 VRS.* (Foto: *John Deere Brasil, [200-]).*

1.2. Dispositivos de limpeza embarcados na colheitadeira

Trata-se de utilizar na colheitadeira, equipamentos limpadores tipo extratores (popularmente conhecidos como HLs) similares aos utilizados em algodoeiras para a pré-limpeza do algodão. São equipamentos que atuam na remoção de impurezas maiores que se juntam ao algodão no momento da colheita de tipo *Stripper,* com pente ou escova. O uso do extrator embarcado não se dá em sua totalidade no Brasil. É uma opção avaliada caso a caso pelos produtores. Porém, o tipo de colheita com pente ou escova recomenda como indispensável o uso desse dispositivo, justamente para minimizar a entrada e a mistura de material estranho com a fibra, afetando diretamente a qualidade e onerando muito os custos de beneficiamento.

1.3. Tipo de colheita e características do algodão em caroço

O tipo de colheita impacta diretamente nos índices de impureza do algodão colhido. A Figura 3.9 mostra a composição típica dos fardões convencional e adensado, limpos na colheitadeira ou não, nas experimentações conduzidas pelo IMAmt, em 2009 e 2010. Os resíduos representam 7% do peso do algodão colhido com fusos, contra 29% no caso da colheita com pente sem limpeza embarcada. O algodão adensado colhi-

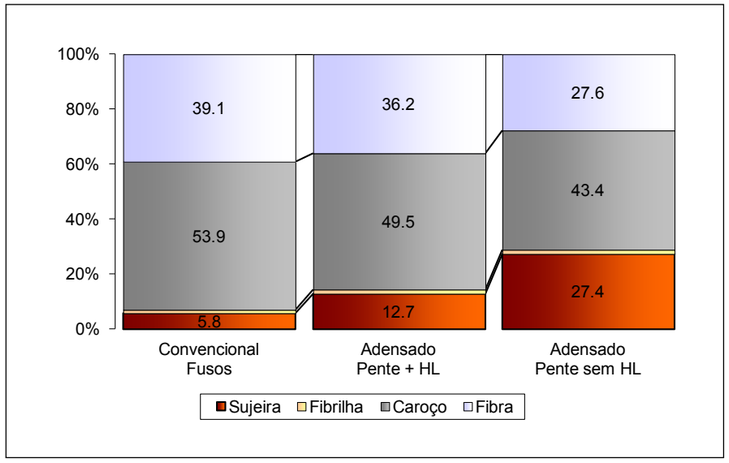


Figura 3.9. *Composição típica do fardão por tipo de colheita em Mato Grosso.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

do com pente contém muito mais sujeira. Neste contexto, a taxa de fibra no fardão diminui de 39.1% para 27.6% (CHANSELME e RIBAS, 2010).

No algodão colhido com fusos, o tipo de sujeira majoritária é a fina (folha e pimentinha), representando tipicamente 48% do peso das impurezas (Tabela 3.1). No algodão colhido com pente, o tipo de sujeira mais representado é a casquinha, com 65%. A proporção de caules não varia significativamente com o tipo de colheita (FAULKNER et al., 2008).

Considerando a taxa de sujeira no fardão, para produzir 1 fardo de fibra (200 kg) pelo sistema convencional, o processo de beneficiamento recebe 42 kg de sujeira, principalmente casquinha e folha. Para produzir o mesmo fardo pelo sistema adensado colhido com pente com extrator embarcado, são 177 kg de sujeira que passam pelo processo, ou seja, quatro vezes mais. A quantidade de casquinha é multiplicada por 7 e a dos caules por quase 4. Com o algodão colhido com pente sem limpeza no campo, o processo recebe 292 kg de sujeira. Comparado com a colheita com fusos, a quantidade de casquinha é multiplicada por 13,4 e a dos caules por quase 6 (Tabela 3.1).

O uso de um extrator na colheitadeira de pente ou escova melhora significativamente o rendimento de fibra (até 9 pontos) e reduz a matéria estranha nela presente, resultando, frequentemente, em melhores cores e folha. A colheita sem extrator é mais rápida e barata do que a colheita com extrator, pois a máquina pode limitar a produtividade da colheitadeira, principalmente se é subdimensionada ou insuficientemente

Tabela 3.1. *Tipo de colheita, composição e quantidades típicas de sujeira.*

Tipo	Fusos	Pente com extrator	Pente sem extrator	Fusos	Pente com extrator	Pente sem extrator
	%			Peso para um fardo de 200 kg		
Casquinha	40	65	77	16,8	115	225
Caules	10	9	8	4,2	15,9	23,4
Folha	42	24	14	17,6	42,5	40,9
Pimentinha	6	2	1	2,5	3,5	2,9
Piolho	2	<1	<1	8,4	<1	<1
Total	100	100	100	42	177	292

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

projetada, porém prejudica muito o beneficiamento e a qualidade da fibra e do caroço. O custo-benefício global (colheita + beneficiamento) deve ser considerado, principalmente nos processos de tipo antigo.

A colheita com pente, comparada à colheita com fusos, tem efeito significativo sobre vários parâmetros da qualidade de fibra, particularmente nos anos de difíceis condições de lavoura. Em Mato Grosso, nos anos 2009 e 2010, as experimentações conduzidas pelo IMAmt confirmaram, de maneira quase sempre significativa, as conclusões dos pesquisadores americanos. Pode-se observar diferenças significativas nos resultados de análises HVI com diminuições da reflectância e aumento da folha e da matéria estranha visível, bem como, baixa do índice *micronaire* com aumento do índice de fibras imaturas.

Na classificação visual, algodões convencionais e adensados produziram tipos e folhas bastante variáveis. Dependendo do processo de beneficiamento, os fardos de algodão adensado foram classificados com 0 a 1 tipo a menos e 0 a 1.5 grau de folha a mais.

1.4. O manejo da colheita

A colheita mecanizada é uma atividade de alto custo, que deve ser muito bem planejada. Qualquer desarranjo no planejamento previsto pode prejudicar a rentabilidade do produtor, portanto exige habilidade, profissionalismo e competências bem definidas. É importante monitorar e ter o controle das condições climáticas, para auxiliar nas tomadas de decisões em campo. Além das colheitadeiras, uma estrutura de colheita mecanizada normalmente dispõe de equipamentos de apoio para a organização e o andamento dos trabalhos, tais como (figura 3.10):

- O reboque basculante (Bass Boy), que faz o transporte do algodão colhido, desde a colheitadeira até uma prensa compactadora, evitando assim o deslocamento da máquina da sua linha de trabalho, otimizando o tempo de serviço e aumentando a produtividade. Caso haja disponibilidade, pode ser alocado em vários pontos da lavoura, para que a descarga possa ser efetuada em outros pontos. Também pode ser usado quando a prensa de fardões for movida, ou para aguardar e transportar algodão no momento em que outro fardão for terminado. O cesto deve possuir uma capacidade maior do que o da colheitadeira;

- A prensa compactadora tem a finalidade de montar o módulo de armazenagem no campo do algodão colhido. No Brasil, este módulo é usualmente chamado de "fardão", denominação utilizada neste Manual. A prensa de fardões é um equipamento hidráulico, tipo uma caixa metálica, reforçada, com dimensionamentos variados, disposta sobre duas rodas para deslocamentos. Os fardões são dimensionados de acordo com o tamanho da prensa e possuem pesos variados, mas geralmente contêm de 8 a 10 cestos de algodão colhido por colheitadeiras tipo pente/escova, e de 10 a 14 cestos de algodão colhido por fusos;

Figura 3.10. *Conjunto de equipamentos de colheita.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

- Carro tanque, que tem por finalidade apoiar a prevenção e o combate a incêndios;

- Carro de apoio de manutenção, também conhecido por "melosa" ou "comboio", cuja finalidade é prestar a manutenção de rotina, preventiva e corretiva, além de abastecer máquinas e tratores.

A definição de um bom número de colheitadeiras por prensa dependerá da produção prevista e da questão operacional das máquinas. Prever muitas colheitadeiras por prensa pode resultar em ineficiência, causada pela impossibilidade da prensa acompanhar o ritmo de colheita. Já uma previsão com poucas colheitadeiras pode resultar em ineficiência, pela baixa utilização da prensa. É importante fazer o equilíbrio entre essas duas variáveis. Também a colheita é condicionada por sua operação. A capacitação do pessoal torna-se um elemento imprescindível para que a produtividade e a qualidade não sejam afetadas negativamente, assim como os custos. A operação não adequada e a falta de experiência podem levar à perda de tempo em manobras simples, maior consumo de combustível e, principalmente, danos físicos aos equipamentos e às plantas.

1.4.1. Os operadores da colheita

Como visto em todo o capítulo, a ação da colheita do algodão exige tecnicidade e cuidados especiais, para que o produto final não seja desvalorizado ou até mesmo perdido.

Na colheita mecânica, a tecnicidade aumenta consideravelmente e é importante o nível de conhecimento, comprometimento e responsabilidade do operador. É imperativo dominar a máquina, seus dispositivos de operação e também os instrumentos de controle disponíveis na cabine e nos painéis. O alto investimento e o grau de tecnologia dessas máquinas reforçam a necessidade de capacitação dos profissionais que as manuseiam, o que deve ser uma constante nas empresas que efetuam a colheita, sejam elas próprias ou prestadoras de serviço.

O manual técnico é um instrumento essencial e indispensável para o operador. É neste documento que constam todas as regulagens e orientações quanto à operação, manutenção e o bom funcionamento da máquina, devendo estar sempre presente e acessível no veículo. A evolução tecnológica e as constantes mudanças dessas máquinas reforçam a importância do operador e também da sua evolução profissional.

1.4.2. Cuidados com as colheitadeiras

A manutenção preventiva deve ser rotina dos operadores. Acessórios e peças que apresentam desgastes ou mau funcionamento necessariamente devem ser substituídas antes de iniciar a colheita.

A segurança do operador e da máquina, bem como, o desempenho na operação da colheitadeira, deve-se muito à atenção e à concentração do operador. A possibilidade de embuchamentos, consequente atrito do algodão com peças da máquina, aliado à facilidade de combustão tornam indispensável um operador treinado e equipamentos necessários, como por exemplo, o extintor de incêndio, para uma situação de emergência.

Em caso de fogo no cesto, não se deve tentar apagá-lo, mas derrubar o algodão ao chão.

Evitar frenagens bruscas para não danificar os tambores, no caso de plataformas de fusos, e andar numa velocidade baixa quando o terreno for acidentado.

O operador deve suspender bem alto a plataforma quando for manobrar e não operar a máquina com o cesto erguido.

As turbinas proporcionam o ar em alta velocidade, o que leva o algodão até o cesto, necessitando de atenção e cuidados com limpeza e lubrificação.

Após cada cesto de algodão ser despejado, as unidades de coleta e de transporte devem ser verificadas, para o controle de impurezas e contaminantes.

A limpeza é imperativa para evitar perda do fluxo de ar de dentro para fora e também de eliminar algumas impurezas mais leves, que se misturam no momento da colheita. Aconselha-se a limpeza sistemática a cada dois cestos colhidos.

A limpeza diária da máquina deve ser efetuada ao final das atividades, de modo a deixá-la pronta para as regulagens diárias, antes de colher. Essa limpeza deve ser completa e efetuada com muita eficiência, uma vez que, é essencial para que se obtenha o máximo desempenho e resulte num algodão mais limpo, economize energia e minimizem-se os riscos de incêndio.

A melhor forma de retirar os detritos e plumas presos nas telas, tampas, grelhas, motor e cesto, entre outras, é utilizar ar comprimido com alta pressão, porém existem partes sensíveis que devem ser manejadas com a mão, tais como, as conexões elétricas. Para a lavagem das unidades colhedoras, é recomendada a utilização de água sob pressão, para remover resíduos de terra dos fusos, barras, escovas e outros componentes.

Os dutos condutores do algodão ao cesto devem ser desobstruídos, para evitar embuchamentos e perda de sucção (de fusos).

O excesso de óleo e graxa deve ser lavado antes de as máquinas irem para o campo. O manual de lubrificação fornecido pelo fabricante deve ser seguido à risca.

A segurança deve ser sempre priorizada, portanto os ajustes e limpeza devem sempre ser feitos com a máquina desligada e sinalizada.

1.4.2.1. Colheitadeira de fusos

Neste tipo de colheitadeira, é imprescindível que o operador conheça o manual de operação e tenha um bom treinamento, para não comprometer a produção. A atenção deve ser diária,

antes e no decorrer da colheita, especialmente sobre:

- a regulagem da pressão das placas, que pode determinar a entrada ou não de impurezas junto com o algodão e impactar na qualidade, no beneficiamento e também na perda do algodão, deixando-o na lavoura. No tambor dianteiro, dá-se, em média, 75% da colheita e o restante no tambor traseiro. A pressão nas placas é um ajuste importante e deve ser feita com base nas condições da cultura. A placa com muita pressão deixa menos algodão na lavoura, mas pode levar muitas impurezas provenientes da planta junto (cascas, folhas, brácteas, caules, etc.). Já uma placa com pouca pressão tem o efeito inverso, porém com perdas de algodão que ficam nas plantas da lavoura. É importante monitorar a pressão das placas durante os dias de muito sol, para evitar o risco de incêndio pelo atrito com a fibra;

- os tambores, que devem ser ajustados de acordo com a altura das plantas e a posição dos capulhos;

- a distância entre o desfibrador e os fusos para evitar embuchamentos, risco de incêndio e as perdas na produtividade do trabalho e na colheita. Esta regulagem deve obedecer à risca as orientações do fabricante, pois se estiver mais alta ou mais baixa acarretará algum prejuízo;

- a limpeza dos fusos pelas escovas, que podem acarretar uma grande perda na colheita, assim como, prejuízos à qualidade da fibra. A trilha dos fusos deve estar livre e desimpedida, para retirar o algodão do capulho ou cápsula. As condições climáticas e de umidade na colheita influenciam muito na eficiência dessa limpeza. O monitoramento e os ajustes devem ser feitos várias vezes por dia. Também se deve observar e monitorar o desgaste das escovas, para evitar esse distanciamento.

Para a eficiência da colheita, os fusos devem ter ranhuras profundas e afiadas. Um problema importante, bastante encontrado neste tipo de colheitadeira, são as torções dos fusos, que podem ser ocasionadas por ajustes impróprios, plantas daninhas, plantas verdes, etc. Uma forma visual de detectar um problema deste tipo é observar a baixa eficiência da colheita, manchas verdes, resíduos em forma de goma ou fibra enrolada nos fusos.

Produtos umidificantes, limpadores de fusos ou óleos solúveis, podem também ser adicionados à água. Esses aditivos são geralmente úteis quando os algodões colhidos têm folhas verdes. Com colheitadeiras de fusos, a limpeza é essencial. As janelas de impurezas nos tambores devem ser limpas regularmente.

1.4.2.2. Colheitadeiras de pente ou escova

A plataforma tipo pente é bastante simples e a atenção maior deve ser sobre pontos de possíveis embuchamentos, entre as barras/hastes do pente e nas roscas transportadoras. Uma vez que a colheita se dá por arrasto e não por captação como nos fusos, os rolos levantadores sob as plataformas

devem estar sempre em bom estado.

Na plataforma de escova, os cuidados são com: as condições dos rolos de escovas, seu estado e regulagens entre si e de velocidades, sensores de solo, roscas sem fim das unidades e rosca transportadora de coleta das unidades.

Para ambas as máquinas, os cuidados quanto ao embuchamento se estendem aos dutos de condução do algodão até o limpador embarcado, ou direto ao cesto, e os dutos entre o limpador (quando existir) e o cesto.

No equipamento de limpeza embarcado (extrator), deve-se ater para as condições das serrilhas, escovas, barras fixas de limpeza (alinhamento) e rolamentos. Devem-se observar também as regulagens de distância em relação às serrilhas, das barras fixas de limpeza (1/2" a 3/4") e das escovas (aproximadamente 1 mm). O dimensionamento do equipamento deve estar de acordo com as normas do fabricante e com a capacidade de colheita da máquina.

Ajustes diários e/ou a cada hora podem ser necessários, por isto é aconselhável efetuar inspeções visuais esporádicas durante a operação.

A limpeza deve ser acentuada e rigorosa, pois a quantidade de impurezas é bem mais significativa.

1.4.3. Monitoramento da umidade na colheita

É importante o controle da umidade na colheita, tanto para definir o momento de iniciar e finalizar os trabalhos como para o caso de armazenagem do algodão em fardões e a decisão de priorizar ou não o seu beneficiamento.

A umidade exagerada no momento da colheita gera muitos embuchamentos nas plataformas e consequentes paradas, afetando o ritmo e a sua produtividade. A colheita deve ser efetuada com umidade baixa, sempre que possível. Na região do Cerrado, a umidade do algodão mais indicada para a colheita está entre 5 e 7%. A colheita deve começar após a secagem do orvalho, quando a umidade relativa estiver abaixo de 60%. Entretanto, muitos operadores trabalham também com faixas de umidade do algodão entre 8 e 10%. Neste patamar, a possibilidade de embuchamentos e paradas de máquina são maiores, com probabilidade maior de encarneiramento do algodão e sujeira.

Com o controle efetivo da umidade do algodão antes de colher, muitas vezes, consegue-se alongar o período de trabalho e efetivamente a produtividade do dia. É importante que este controle seja feito a cada hora e em pontos distintos do mesmo talhão, em virtude das variações ambientais e climatológicas que se formam no decorrer dos trabalhos. Para o procedimento de medição, deve-se utilizar o equipamento termo-higrômetro para algodão, que difere dos equipamentos para grãos. Sugere-se efetuar, pelo menos, três medições momentâneas em plantas distintas, para que haja maior representatividade do ponto e calcular a média destas.

A falta de equipamentos adequados para efetuar as medições de umidade ainda na lavoura faz com que esse controle seja feito por inspeções visuais ou por tato. A falta de um controle mais técnico cria o risco de sobrecarregar uma colheita, aumentar seus custos e prejudicar os planejamentos e as decisões sobre o beneficiamento.

2. Armazenamento do algodão em caroço

Uma das formas encontradas pelos produtores Americanos para armazenar a grande quantidade de algodão em caroço colhido sem riscos de paradas das usinas, por desabastecimento e falta de espaço, foi a construção de módulos de algodão direto na lavoura, por intermédio de prensas hidráulicas compactadoras.

Antigamente, o algodão era geralmente armazenado em tulhas. Os custos disso limitavam a quantidade de algodão que poderia ser armazenado e a colheita era geralmente atrasada quando elas estavam cheias. Como a utilização de tulhas era muito limitada, alguns cotonicultores começaram a utilizar containers abertos (gaiolas) especiais, que podiam ser colocados em caminhões, possibilitando assim alguma capacidade de armazenamento – sistema bastante popular no Brasil, nos anos 1980.

2.1. Confecção dos fardões

Desde 1972, nos Estados Unidos, e meados dos anos 1990, no Brasil, o uso de fardões para o armazenamento do algodão colhido mecanicamente foi aumentando consideravelmente. A ideia dos fardões foi a de possibilitar o armazenamento em campo do algodão que não pudesse ser processado imediatamente, permitindo que a colheita seguisse independentemente do beneficiamento (Figura 3.11). As usinas podem utilizá-los, sob qualquer condição climática. Possuir um estoque torna a operação mais previsível, manejável e economicamente viável.

Figura 3.11. *Fardões armazenados na beira dos talhões* colhidos. (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

A formação do fardão inicia após o despejo, pelo *Bass Boy*, do material colhido na prensa compactadora. A prensagem pode chegar a uma densidade de 180 até 250 kg/m^3, o que permite que o fardão não se desmanche quando for retirado da prensa.

Atualmente, no Brasil, encontram-se prensas de diversas dimensões, que variam entre 10,5 até 15,0 metros de comprimento, 2,15 a 3,0 metros largura e de 2,4 a 5,8 metros altura (modelo GIGA/Mantovani), com capacidades que chegam até 70 m^3 de algodão, possibilitando fardões mais pesados.

Alguns produtores costumam elevar a prensa sobre tocos de madeira, para aumentar a altura e o peso dos fardões, e, consequentemente, diminuir os custos com frete. Esta prática não é recomendada, por dois motivos: exceder o peso permitido pelo Departamento de Trânsito; e compactar demais o algodão, exigindo maior força mecânica para desmanchá-lo, provocando um beneficiamento antecipado da fibra e perdas pelo transporte pneumático e etapas de limpeza, bem como, maior demanda de energia e desgaste de peças e dos equipamentos da usina. No Brasil, não há um padrão fixo para o dimensionamento do fardão, porém deve ser coerente com a capacidade de carga do transmódulo e o tamanho do desmanchador de fardões.

Diferentemente dos Estados Unidos, no Brasil, o algodão adensado colhido pelo sistema de pente ou escova, que é ainda uma tecnologia recente, utiliza a mesma prensa usada para o algodão de cultivo convencional, pelo custo. Segundo pesquisas (SILVA, 2008), a área atendida por uma prensa pode variar entre 500 e 700 ha por safra.

A equipe para a prensagem do algodão necessita de um operador de prensa que deve ser o responsável por prensar e coordenar o desembarque dos *Bass Boy*s, assim como, o fechamento e a cobertura do fardão; isso normalmente requer mais outros dois colaboradores. Antes de iniciar a colheita, deverá ser providenciado o local adequado para a sua armazenagem e disposição, o qual precisa ser seguro, drenado, limpo, plano, acessível em qualquer condição climática, longe de possíveis fontes de incêndio, vandalismo (auto-estradas) e obstruções (redes elétricas). Preferencialmente, deve estar localizado nas proximidades de estradas vicinais, carreadores (corredores) que facilitem o acesso e o transporte às usinas; e também seguir a melhor orientação geográfica nas regiões mais chuvosas (Norte-Sul).

Antes de colocar a prensa no local previsto, devem-se dispor as cordas para amarração da cobertura, sempre confeccionadas de algodão.

Já a descarga do algodão na prensa deve ser feita uma de cada vez e, preferencialmente, pelas extremidades e em lados opostos da prensa, com as demais próximas ao meio. O nivelamento e a compactação devem começar imediatamente. O ideal é nivelar a cada descarga do *Bass Boy*.

Outros pontos importantes de se observar no momento da formação dos fardões são:

- Assegurar a segurança do operador e colaboradores, assim como, do equipamento e do produto;
- Acessar e usar o Manual de Instruções do fabricante;
- Verificar se não há pessoas nem veículos perto do portão traseiro quando este estiver aberto;
- Não fumar perto das prensas carregadas com algodão;
- Averiguar as condições das mangueiras hidráulicas. Checar vazamentos no sistema que está sob alta pressão;
- Compactar o algodão um pouco mais nas extremidades, para evitar quebras;
- Cuidar para que haja uniformidade na prensagem, a fim de obter uma boa formação do fardão e evitar acúmulos de água em cima dele. Uma boa compactação evita a

possível entrada de água pelas laterais;

- Utilizar lona plástica nova ou touca plástica de alta qualidade para a cobertura (Figura 3.12). Ter sempre esse material disponível antes do início da colheita;

- As dimensões finais das lonas devem ter uma sobra em relação ao tamanho do fardão, tanto na largura como no comprimento, com folgas nas arestas, para que seja coberto corretamente;

Figura 3.12. *Cobertura de lona.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

- Reforçar a amarração ao finalizar, para evitar que a lona se solte por ação dos ventos;

- Monitorar constantemente a umidade do algodão, para evitar excessos e que ele sofra condensação ou incêndio;

- Todos os fardões devem ser avaliados semanalmente e imediatamente após a chuva e precipitações, para detectar lonas danificadas, água empoçada ou vazamentos pelos buracos.

2.2. O controle da umidade e da temperatura dos fardões

O teor de umidade de algodão em caroço deve ser avaliado antes e durante a colheita com medidor de umidade portátil. A umidade no fardão armazenado depende essencialmente da umidade no momento da colheita. O monitoramento na colheita, baseado na temperatura dentro do fardão, é imprescindível para garantir um armazenamento em boas condições. O algodão colhido úmido deve ser beneficiado imediatamente.

Outros fatores que agem sobre a qualidade da fibra e do caroço durante o armazenamento são: o teor de matéria estranha úmida, a temperatura de algodão em caroço, no início e durante o armazenamento, as condições climáticas, a proteção do solo e das chuvas e o tempo de armazenamento.

Há um risco de amarelecimento, se a umidade do algodão em caroço na armazenagem for superior a 12%. O amarelecimento é acelerado pelo

calor. O aumento da temperatura é causado principalmente pela atividade biológica. O armazenamento de algodão em caroço, mesmo longo, não representa qualquer problema com a fibra se a umidade não exceder 12% (LALOR, WILLCUT E CURLEY, 1994).

2.3. Incidências da armazenagem sobre a qualidade do algodão em caroço

A qualidade das sementes é fortemente afetada pela combinação do tempo de armazenamento e a umidade do algodão em caroço (redução da germinação e ácidos graxos livres). O aumento da temperatura durante o armazenamento de algodão úmido se dá devido à respiração das sementes e atividades bacterianas, que provocam a rápida queda da taxa de germinação, portanto, quanto maior for a umidade, mais curto deve ser o tempo de armazenamento. Quando o caroço for destinado a esmagamento, a armazenagem deve possuir uma taxa de umidade abaixo de 12%. Quando se pretender preservar as sementes, a taxa de umidade do fardão deve permanecer abaixo de 10%. Acima de 10%, o beneficiamento deve ser imediato.

2.4. Transporte dos fardões

O transporte é um processo importante na cadeia de produção. Mal conduzido, pode ocasionar prejuízos à qualidade do algodão e ao ambiente produtivo, pois pode permitir a contaminação do produto e a proliferação de pragas (bicudo, por exemplo), colocando a cadeia em risco e aumentando os custos. A segurança e a integridade física do condutor, da carga, do equipamento/veículo, do meio ambiente e de outros participantes do processo e do trânsito devem ser prioritárias, em qualquer situação, pois um descuido pode gerar situações graves e até mesmo fatais (Figuras 3.13 e 3.14).

A legislação para o transporte de algodão em caroço não é bem definida em relação à classificação do tipo de carga da mesma forma como é clara para o transporte de fibra e de óleo proveniente do caroço. Por este motivo, cabe a cada produtor e operador tomar todas as precauções pertinentes, a fim de evitar maiores transtornos na rotina da atividade. A Norma Regulamentadora NR 11, da

Figura 3.13. *Algodão nas estradas e encostas.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 3.14. *Problemas no transporte de algodão.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

Figura 3.15. *Caminhão com transmódulo.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, bem como a Resolução nº 420/04, da ANTT, tratam de itens que pontuam diretamente o transporte do algodão em caroço e indicam atenção especial para o assunto.

O transporte dos fardões convencionais é realizado através de veículos especiais chamados de "transmódulos" (Figuras 3.15 e 3.16) e "pranchas".

O transmódulo é um equipamento tipo plataforma basculante, removível, acoplado a um caminhão truck. Tem a função de carregar o fardão do local armazenado, através de correntes paralelas e roletes de apoio, autocarregando-o para o transporte. Sua capacidade de transporte pode chegar a 15 toneladas. Geralmente, é utilizado para pequenas distâncias entre a lavoura e a algodoeira e para manobras na própria algodoeira. É um dispositivo projetado especificamente para o carregamento e a descarga dos fardões, seja no campo (lavoura) ou no pátio da usina; também é utilizado para transportar os fardões em estradas vicinais ou internas das propriedades. Em rodovias públicas estaduais e federais, somente são permitidos os caminhões prancha e transmódulos especiais, adaptados com uma extensão dobrável/basculante na parte traseira, devidamente sinalizada (Figura 3.17).

2.5. A segurança com o carregamento, a descarga e o transporte

Os cuidados com a segurança começam na formação do fardão ainda na prensagem, como citado neste capítulo.

É muito importante que, antes de cada carregamento do fardão em quaisquer dos veículos, se verifique a sua limpeza. Sobras de algodão em caroço, pedaços de matérias estranhas, casquinhas, plásticos, cordas e graxa, entre outros, devem ser totalmente nulos no momento do carregamento. Para uma operação segura e eficiente, seguem-se algumas dicas aos operadores que transportam os fardões:

- Verificar as condições de operação e trafegabilidade do veículo;
- Sinalizar visualmente e com alerta sonoro, quando em operação; Checar o terreno do carregamento ou a descarga, para evitar possíveis acidentes e/ou atolamentos do veículo;
- Regular a altura do chão ao carregar o transmódulo, para que ele não pegue terra e impurezas ao carregar o fardão;
- Evitar ou não permitir a presença de pessoas próximas ao veículo durante a operação;

Figura 3.16. *Caminhão com transmódulo.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 3.17. *Caminhão com transmódulo adaptado para vias expressas.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

- Observar o índice de contaminação por terra e de umidade, devido às condições de armazenamento e climáticas, avisando imediatamente os responsáveis na usina se houver algum imprevisto;
- Observar as condições físicas do fardão, da embalagem e proteções/amarrações, antes e durante o carregamento;
- Observar a limpeza da plataforma e das pranchas, antes do carregamento;
- Observar a condição da rampa de acesso do transmódulo, para o carregamento e/ou a descarga da prancha;
- Atentar para a manobra de marcha à ré em cima da prancha, durante a carga ou a descarga do fardão;
- Levantar a lona, para que não se prenda nas correntes do transmódulo e venha a se rasgar, contaminando a pluma com pedaços de plástico. Posteriormente, deve-se fixá-la abaixo da carga, para reforçar o calço e evitar que se levante com o vento;
- Estar sempre atento com a carga durante o deslocamento da lavoura para a algodoeira;
- Revisar a amarração da lona e a sustentação de sua base, para evitar que se levante, caia ou haja uma abertura, colocando o fardão em exposição durante o transporte;

Utilizar sistema de saia e envelopamento do fardão no carregamento da prancha e transmódulo.

O transmódulo fechado com chapas laterais é muito comum nos Estados Unidos. Sendo uma solução interessante com relação a segurança e perdas de algodão nas estradas (Figura 3.18).

Figura 3.18. *Transmódulo fechado.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANSELME, J. L.; RIBAS, P. V. Beneficiamento do algodão adensado e qualidade de fibra. In: BELOT, J. L; VILELA, P. M. C. A. (Orgs.). **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso.** Cuiabá: IMAmt, 2010. p. 311-327.

FAULKNER W. B.; SHAW, B. W.; HEQUET, E. Effect of harvesting method on foreign matter content, fiber quality, and yarn quality from irrigated cotton on the high plains. In: **Proceeding of the Beltwide Cotton Conferences**, Memphis-USA: National Cotton Council, 2008.

LALOR, W. F.; WILLCUTT, H.; CURLEY, R. G. Seed Cotton Storage and Handling. **Cotton Ginners Handbook** USDA, [s.l.:s.n.], p.16-25, 1994.

SILVA, O. R. R. F. et al. **O agronegócio do algodão no Brasil.** v. 2. Campina Grande-AL: Embrapa, 2008.

WILLIFORD, J. R. et al. **Cotton Ginners Handbook** USDA, [s.l.:s.n.], p.11-16, 1994.

CAPÍTULO 4

CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO

O custo de beneficiamento é composto de custos fixos e custos variáveis. Devem ser conhecidos pelo beneficiador, a fim de definir estratégias de melhorias e tomar decisões de investimentos, entre outras. Os custos específicos da usina devem ser individualizados e os vários itens envolvidos no investimento e operação devem ser contabilizados e analisados permanentemente. O capítulo apresenta elementos de decisão para investimentos, análise de distribuição de custos no beneficiamento e estratégias de redução. Introduz para o produtor a noção de centro de custos como ferramenta de gestão integrada da algodoeira.

Foto: Cotimes do Brasil

CUSTO DE PRODUÇÃO NO BENEFICIAMENTO

Lucilio Rogerio A. Alves
ESALQ/USP
Piracicaba-SP
lralves@usp.br

Paulo V. Ribas
Cotimes do Brasil
Primavera do Leste-MT
paulo@cotimesdobrasil.com.br

1. Conceito

A gestão e a contabilidade dos custos de produção é um ponto primordial em qualquer negócio. Segundo Santos, Marion e Segatti (2008), os objetivos da correta dimensão do sistema gerador de informações sobre os custos refletem-se no seu papel relevante como ferramenta básica para a tomada de decisão em qualquer empreendimento, especialmente na agropecuária, onde os espaços de tempo entre produção e vendas, ou seja, entre custos e receitas, fogem à simplicidade de outros tipos de negócios. Sua importância aumenta, considerando que todo empresário necessita conhecer exatamente a quantidade e o valor de cada bem que constitui o capital da empresa que dirige, assim como se a atividade está proporcionando retornos aos investimentos necessários para a sua execução. Esses retornos devem ser atrativos o suficiente para compensar o custo de oportunidade e risco do capital investido que poderia estar aplicado no mercado de capitais.

Mas o que é custo? Segundo Silva e Lins (2010), custos são os recursos consumidos no processo produtivo de um bem ou serviço que se espera que tragam benefícios futuros para a entidade, após a conclusão e a venda do produto. Já para Holanda (1975), custo é todo e qualquer sacrifício realizado para produzir determinado bem ou serviço, atribuindo-se a ele um preço como compensação ao sacrifício imposto aos proprietários dos fatores de produção. Desta forma, para as usinas, custos são medidas monetárias dos recursos consumidos para atingir o objetivo de beneficiar o algodão que lhes foi disponibilizado, seja de produção própria ou por serviço contratado.

Em geral, é comum agentes apontarem que os custos estão em alta e/ou que sua margem de retorno está em queda. Normalmente, este é o resultado: da intensificação do processo produtivo; da evolução tecnológica das usinas, em que algumas unidades estão dispostas a produzir recebendo preços menores, por terem maior produtividade, das oscilações expressivas de preços de comercialização e variações cambiais, da exigência cada vez maior de compradores quanto a produtos de melhor qualidade e uniformidade, entre outros. Com isso, há a necessidade de aperfeiçoar os mecanismos de planejamento e controle das empresas, para obter maior eficiência, produtividade e lucratividade no beneficiamento.

Neste ínterim, a importância em se calcular custos está em se conhecer quanto custa o produto da empresa, quanto está ganhando na atividade, ou seja, qual a rentabilidade da atividade e a margem de lucro obtido, e, acima de tudo, em orientar a tomada de decisões na empresa.

Nesse sentido, as informações de custos, desde que devidamente apresentadas em relatórios, passam a ser um importante subsídio para o controle e o planejamento empresarial. Porém, devido ao grande volume de informações que o setor produtivo e de beneficiamento tende a gerar, é importante a implantação de um sistema adequado para gerenciá-la – de preferência, que seja simples e eficiente, adaptado para a realidade de cada empresa.

A informação sobre o custo de produção é uma das mais importantes para qualquer atividade produtiva. Para os beneficiadores, torna-se fundamental, a fim de auxiliar nas tomadas de decisões e planejamentos de cada safra. Em geral, o objetivo de cálculo do custo pode servir de base, por exemplo, para subsidiar uma decisão gerencial de curto prazo, propostas ou implementação de investimentos, para medir a sustentabilidade e a capacidade de pagamento de um empreendimento, a viabilidade econômica de uma tecnologia alternativa, entre outras (FERREIRA FILHO, ALVES e VILLAR, 2009).

No mercado de produtos agrícolas, a estrutura que prevalece é o de concorrência perfeita, em que os preços são definidos pelas forças de oferta e demanda pelo produto, sendo que cada agente, individualmente, não tem influência sobre esse preço. Nestes mercados, os preços são "dados" aos agricultores, tornando-se ainda mais relevante o controle dos custos como instrumento de obtenção de rentabilidade. Assim, enquanto variações de preços de mercado estão fora do controle do produtor, este pode melhorar sua perspectiva de rentabilidade da cultura através de melhor controle dos custos de produção. Para isto, utilizam-se planilhas de dados capazes de auxiliar e disponibilizar, cada vez com mais rapidez, os custos necessários para a obtenção do fardo, produto final do beneficiamento, elencando-se os custos fixos e variáveis do processo como um todo.

Custos Fixos – São aqueles que não variam com a quantidade de fardos produzidos, mesmo que o nível de produção seja zero. Podem ser desembolsáveis ou não. São exemplos de custos fixos:

- RH pessoal efetivo (salários, vales, etc.);
- Aluguel;
- Tarifas públicas;
- Telefones;
- Energia sob contrato;
- Manutenção: prédios, veículos, equipamentos;
- Seguro da unidade industrial;
- Depreciação de máquinas, equipamentos, instalações e prédios;
- Juros, multas e investimentos (leasing);
- Impressos, materiais de escritório e de limpeza, etc.

Custos Variáveis – São os custos que variam de acordo com a produção, ou seja, que aumentam quando o número de fardos beneficiados aumenta, e vice-versa. São exemplos de custos variáveis:

- Matérias-primas;
- Insumos diretos (arames, sacão, etc.);
- Energia não vinculada ou acima do valor de contratos;
- Gás, água, combustível;
- Impostos sobre faturamento (empresas de prestação de serviços);
- Impostos diretos de venda (ICMS, ISS, Pis, Confins, IRPJ);
- Fretes de vendas;
- RH pessoal temporário;
- Mão-de-obra terceirizada.

Custos Totais – É a soma de Custos Variáveis mais Custos Fixos, representados pela fórmula CT = CV + CF (Figura 4.1).

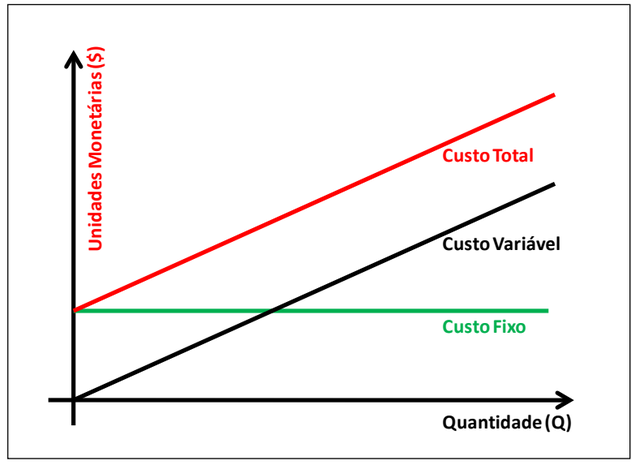


Figura 4.1. *Composição gráfica do custo total.*

Em uma análise gráfica sobre os custos de produção, com inclinação constante, observa-se que o custo total somente oscila com o custo variável total. O Custo Fixo é dado, independentemente da produção de cada período.

É importante ressaltar a colaboração dada pelos sistemas de processamento eletrônico de dados à contabilidade de custos – Sistema Integrado de Gestão (SIG). Em geral, estes *softwares* permitem a elaboração de relatórios com velocidade expressiva e baixa margem de erros.

2. Contabilização de custos

Há diferentes formas de contabilização de custos. O importante, porém, é que todos os itens envolvidos nos investimentos e operacionalização da algodoeira sejam contabilizados e analisados permanentemente.

Inicialmente, vale considerar que, nas mais de duas centenas de algodoeiras dos diversos modelos no Brasil, são inúmeros e variados os itens movimentados em uma usina de beneficiamento e que podem resultar em custos. Estes itens estão relacionados aos investimentos, à operacionalização e ao funcionamento da empresa, passando por aqueles relacionados aos administrativos e operacionais. Para uma descrição geral e auxiliar na identificação de alguns itens, porém sem utilizar uma classificação contábil, o Quadro 4.1 apresenta algumas contas que são movimentadas frequentemente em uma algodoeira. Claramente, a quantidade de contas é expressiva, assim como os dados a serem coletados.

Há diferentes sistemas (softwares), disponíveis para empresas, que facilitam a digitalização das informações geradas pela algodoeira e que disponibilizam relatórios periódicos que possibilitam análises da relação benefício / custo. É importante aproveitar esse instrumento, mas deve-se atentar para sistemas que disponibilizem uma gestão integrada entre a contabilidade gerencial e os dados de operação e produção, para obter-se uma gestão eficiente dos custos. Uma simples contabilidade nem sempre permite uma análise global e as possíveis melhorias da usina, avaliando-se o benefício / custo. De qualquer forma, há a possibilidade de uso de planilhas eletrônicas e manuais, na contabilização da movimentação das empresas.

O primeiro item a ser computado deve ser os investimentos efetuados para a montagem da usina de beneficiamento. Como a unidade industrial será utilizada por vários anos e para o beneficiamento de uma expressiva quantidade de algodão, é preciso diluir o custo inicial para o período em que a algodoeira estará em funcionamento. Observe que, inicialmente, há o desembolso para a implantação da unidade, mas é apenas uma questão de fluxo financeiro e não econômico.

Os custos fixos são diluídos para o período produtivo através do cômputo da depreciação. A depreciação corresponde à perda de valor que os ativos sofrem durante um determinado período. Pode ser originada por fatores físicos (uso ou desgaste) ou fatores funcionais (obsolescência). Assim, a produção que causou a perda de valor deve assumir o custo. Uma das formas de cálculo aceita pelo fisco é a depreciação pelo método uniforme, em que se desconta, do valor inicial do bem, o valor residual ou de venda, no final da vida útil. Este valor é dividido pela vida útil (em anos, horas ou fardos gerados), resultando na depreciação. A fórmula normalmente utilizada é:

$$Dep = \frac{V_i - V_r}{n},$$

em que V_i é o valor inicial, V_r o valor residual e n a vida útil em anos. Dep será o valor anual da depreciação.

O valor residual (valor de sucata, em geral) deve ser considerado com base nas transações normalmente observadas no mercado. No Brasil, o valor das máquinas antigas varia muito, sempre mais do que o valor de sucata, por causa da demanda no mercado. Em períodos de procura, o valor de um processo antigo, de mais de 20 anos de uso, pode ultrapassar 50% do valor de um equipamento novo, quando, em geral, o plano de amortização para um equipamento industrial, internacionalmente, considera uma vida econômica de 10 a 15 anos e um valor residual de 20%, no máximo.

Quadro 4.1. *Tipos de contas que são movimentadas em usinas de beneficiamento.*

COMBUSTÍVEL	PESSOAL	TAXAS	INSUMOS	SERVIÇOS	OUTROS
Etanol	Folha mensal	FGTS / INSS / IRPJ / IRPF	Tela para enfardamento	Dobra de arame	Aluguel de imóveis e equipamentos
Gás	Adiantamento de salário	ICMS – Diferencial de alíquota	Sacão para enfardamento	Mão-de-obra com manutenção de internet / rede / computadores	Aluguel de máquinas
Gasolina	Estadia e viagem – colaboradores	Impostos e taxas	Lona para fardões	Frete – máquinas e equipamentos	Computadores / periféricos
Óleo diesel	Férias	IPVA – Licenciamentos e seguros	Arame para enfardamento	Frete – Materiais diversos	Máquinas / equipamentos
	Uniformes	Licenças e projetos	Etiquetas de identificação	Frete – fardões da usina	Móveis / utensílios / equipamentos
	Cursos e treinamentos		Material classificação / Manut. Pluma	Manutenção de camionetas	Compra de equipamentos – oficina
	Atendimentos hospitalares		Material de consumo / Alimentação	Manutenção de computadores – periféricos	Compra de materiais de consumo / Manutenção – oficina
	Medicamentos		Material de escritório	Manutenção de equipamentos / oficina	Despesas de manutenção de instalações e benfeitorias
	Compra de E.P.C.		Material de limpeza	Manutenção de equipamentos / peças	Despesas diversas
	Compra de E.P.I.			Manutenção de móveis / instalações	Energia elétrica
	Horas extras e DSC			Manutenção de maquinários	Seguro Algodoeira
	Pcmso – Saúde / Médico			Manutenção de equipamentos	Depreciação da usina
	Ppra – Segurança no trabalho			Manutenção de motos	Depreciação do equipamento
	Rescisões			Manutenção de móveis	Custo de construção da usina
	Confraternizações			Manutenção de pá-carregadeira	Custo de equipamentos
	Contribuição confederativa			Manutenção de telefones / softwares / rádios	
	Estadia e viagem – Administração			Manutenção de transmódulos	
	Contribuição sindical			Manutenção de veículos utilitários	
	Despesas gerais de treinamentos			Correios / EBCT	
	Despesas gerais de Segurança do Trabalho			Fotocópias	

Para os demais itens movimentados na empresa, é preciso ter uma tabela para anotação das entradas e saídas, passando inclusive por um controle de estoques. Uma das formas possíveis de tabela para este controle é apresentada na Tabela 4.1. Uma importante decisão é saber como o algodão em caroço será considerado na algodoeira. Se for uma prestação de serviço, a unidade deve anotar quanto de algodão em caroço estará beneficiando e quanto de produtos serão gerados. Se o algodão for próprio, é preciso saber, inicialmente, onde termina o custo agrícola e onde recomeça o custo industrial.

Em muitas usinas de produtores, os custos específicos da usina não são individualizados (consumo de energia, por exemplo). Em outros termos, se a usina faz parte de uma empresa maior (fazenda, grupo de usinas), os custos unitários devem ser repassados em tempo real para a usina, a fim de permitir um gerenciamento efetivo diário do custo de produção. Lembre-se sempre de que, sem o conhecimento dos consumos, não há controle; sem controle, não há gestão; e, sem gestão, não haverá melhoria. A redução do custo do beneficiamento começa por seu conhecimento detalhado.

O ideal é que este controle de estoques ou movimentação das contas seja feito permanentemente, para que, a todo o momento, seja possível analisar quanto de produto está disponível ou o seu custo. Além disso, não se pode deixar de considerar os impostos envolvidos na operação e outros que possam incidir na venda da produção. Apesar de não ser o objetivo deste texto, é preciso ressaltar também a forma de contabilização de custos para os itens variáveis, que deve levar em consideração o que é aceito para o imposto de renda e o que é mais adequado para fins gerenciais. Um breve resumo dos principais critérios pode ser analisado com mais detalhes em J. C. Marion (2009). É importante o conhecimento do custo das peças de reposição e da mão-de-obra para poder avaliar o custo da manutenção, otimizá-la e selecionar fontes de peças com melhor benefício / custo.

Com a descrição dos custos, é preciso distribuí-los entre os diferentes produtos gerados. No caso da usina de beneficiamento, são gerados e comercializados a pluma, o caroço de algodão, a fibrilha e outros resíduos. Neste caso, não há custos diretos para cada produto, pois o beneficiamento resultará na produção de todos os itens ao mesmo tempo. Assim, pode-se utilizar o mesmo critério na distribuição dos custos diretos e indiretos.

Tabela 4.1. *Planilha de controle de estoques.*

Veículos								
Material					Localização		Código	
Cia. Revendedora		Ficha do Estoque por quantidade e valor						
					Máximo		Mínimo	
					Estoque			
Data	Docto.	Quantidade			Preço de estoque unitário	Valor		
		Entrada	Saída	Saldo		Entrada	Saída	Saldo
01 -02 -XX	Inv. Inicial	-	-	2	150.000	300.000	-	300.000
04 -02 -XX	NF. N.	3	-	5	150.000	450.000	-	750.000
15 -02 -XX	NF. N.	-	4	1	150.000	-	600.000	150.000

Entre as formas de distribuição dos custos para os diferentes produtos gerados, pode-se considerar a proposta por Barros (1987). Nesse caso, o objetivo será analisar o custo econômico de cada produto e não o custo contábil. Segundo o autor, ao se ter a soma do custo total de produção da usina de beneficiamento (fixos e variáveis), a distribuição do custo pode ser feita de acordo com a contribuição de cada produto na geração de receita bruta da unidade industrial.

Inicialmente, é preciso saber a quantidade de matéria-prima (algodão em caroço) que foi beneficiada pela unidade industrial e a quantidade de subprodutos gerados e que estarão disponíveis para a venda. Assim, pode-se considerar:

$$RT = P_1 \times Q_1 + P_2 \times Q_2 + P_3 \times Q_3 + \ldots + P_n \times Q_n$$

Onde:

RT = Receita total;

P_i = Preço de venda do produto *i*;

Q_i = Quantidade gerada do produto *i*.

Com base na RT, obtém-se a parcela do custo total de beneficiamento de algodão em caroço que será destinada a cada produto, sendo:

$$Share_1 = \frac{P_1 \times Q_1}{RT}; Share_2 = \frac{P_2 \times Q_2}{RT}; Share_3 = \frac{P_3 \times Q_3}{RT}; \ldots\ldots; Share_n = \frac{P_n \times Q_n}{RT}$$

Assim, com base no custo total de beneficiamento, pode-se calcular quanto será diluído para cada subproduto gerado:

$$CT_1 = (CV + CF) \times Share_1$$
$$CT_2 = (CV + CF) \times Share_2$$
$$CT_3 = (CV + CF) \times Share_3$$
$$\vdots$$
$$\vdots$$
$$CT_n = (CV + CF) \times Share_n$$

Após a computação dos custos para cada produto, o passo seguinte é compará-los com a receita gerada, podendo ser a receita de cada produto ou a total da usina de beneficiamento. As comparações podem ser feitas em relação ao Custo Variável (CV) ou sobre o Custo Total (CT). Com isto, ter-se-ia a taxa de retorno sobre cada real investido:

$$rr_{CT1} = \frac{P_1 \times Q_1}{CT_1} \quad ou \quad rr_{CV1} = \frac{P_1 \times Q_1}{CV_1}$$
$$rr_{CT2} = \frac{P_2 \times Q_2}{CT_2} \quad ou \quad rr_{CV2} = \frac{P_2 \times Q_2}{CV_2}$$
$$rr_{CT3} = \frac{P_3 \times Q_3}{CT_3} \quad ou \quad rr_{CV3} = \frac{P_3 \times Q_3}{CV_3}$$
$$\vdots$$
$$\vdots$$
$$rr_{CTn} = \frac{P_n \times Q_n}{CT_n} \quad ou \quad rr_{CVn} = \frac{P_n \times Q_n}{CV_n}$$

Onde:

rr_i = Taxa de retorno sobre cada real investido

Em termos gerais, toda a contabilização de receitas e custos é efetuada principalmente para se saber se o rr_i está sendo maior que zero. Se for maior sobre o CT, a empresa pode ser enquadrada como economicamente viável. Se for maior apenas que o CV, é preciso ver uma forma de aumentar a receita, sem acréscimos proporcionais no custo, ou diminuir o custo, sem a perda proporcional de receita.

Outra forma de resumir as receitas e os custos da empresa pode ser como a apresentada na Tabela 4.2. Este é um modelo mais tradicional, utilizado por contadores e administradores.

Tabela 4.2. *Exemplo de como apresentar os resultados da empresa, discriminando receitas e custos.*

Descrição	$
Receita bruta (-) Impostos sobre vendas	
= Receita Líquida	
(-) Custos Diretos Matéria-prima e embalagens Indiretos Mão-de-obra Depreciação	
Soma dos custos	
= Resultado (lucro) bruto	
(-) Despesas Pessoal Contador Taxa da prefeitura Outras	
Soma das despesas	
= Resultado (lucro) operacional	
(-) Imposto de Renda	
= Resultado (lucro) líquido	

3. Os investimentos e os custos nas usinas

Para que haja uma decisão coerente quanto a um projeto de implantação de uma usina de beneficiamento, assim como de investimentos em novos equipamentos, alterações e/ou adequações de processos, é indispensável que seja levado em conta o dimensionamento desses investimentos e seus custos. A relação benefício / custo é essencial. A demanda de serviços e a oferta de produção são fatores que determinam que caminhos devem ser seguidos.

O dimensionamento da usina deve ser de acordo com o volume de matéria-prima que será disponibilizada, que depende diretamente da área própria a ser cultivada, assim como de oferta de algodão em caroço de produtores da região, que gerarão a demanda para a prestação de serviços. A capacidade de produção deve ser ajustada de forma que se evite tanto a ociosidade quanto a sobrecarga do parque industrial. Ambos são ítens que implicam diretamente no aumento do custo de produção, ora por elevar o custo fixo, ora o variável.

Os fabricantes indicam valores nominais a seus equipamentos, que, somados, permitem o cálculo do valor da capacidade nominal da usina como um todo. Na prática, existem inúmeros fatores e condições que incidem diretamente no funcionamento dos equipamentos e reduzem a produtividade média e a capacidade total, tais como, os dias não trabalhados, horários de pico, manutenção, organização, a forma de operação (carga e ritmo de alimentação do processo), características do algodão, carga de impurezas, manutenções preventivas e corretivas periódicas, objetivos de qualidade e de produtividade da empresa. Desta forma, é sensato considerar, a título de cálculo para dimensionamento, próximo à capacidade nominal, um fator de uso na ordem de 0.65 a 0.9, que reflita a realidade da exploração, para que se obtenham resultados mais seguros de produção com um cálculo mais realista.

O mesmo raciocínio vale para os investimentos de adequações, incrementos e adaptações a serem avaliados em usinas existentes, seja qual for o tipo de processo (antigo-moderno). Neste caso, deve-se considerar o dimensionamento para definir a capacidade e atender às necessidades que se apresentem. Quanto maior o volume de algodão em caroço, de acordo com o dimensionamento estabelecido, menor será o custo fixo por produção unitária de fardos. A ociosidade – devido a um dimensionamento não adequado, ou uso sem planejamento do equipamento ou processo – acarretará, naturalmente, a indesejável elevação do custo fixo unitário. Como o custo variável irá oscilar de acordo com o aumento da produção, o projeto deve ser elaborado para que opere sempre com o maior volume possível, com baixa ociosidade, em um período maior de tempo possível. A sazonalidade da disponibilidade de algodão para beneficiamente eleva a necessidade de um bom planejamento da disponibilidade de matéria-prima para a indústria.

As usinas modernas de alta performance e rendimento são projetadas com inúmeros pontos importantes, que auxiliam na redução dos custos fixos, como o elevado nível de automação e o uso de controladores de dispêndio, de consumos de energia elétrica e de gás. Aliados a isso, um ritmo de beneficiamento mais uniforme e regular torna a operação eficiente e com maior produtividade. Para isso, é essencial um eficiente planejamento de safra e de abastecimento da usina, para que a matéria-prima não falte e a manutenção seja adequada, sem paradas inesperadas de máquinas, cujos aspectos aumentariam os custos.

Já as usinas antigas, que no Brasil representam em torno de 80% do parque industrial, normalmente apresentam baixa performance e rendimento, o que consequentemente reduz a produtividade da indústria. Porém, podem ser uma boa alternativa, desde que ajustadas para produtores e industriais do beneficiamento que não planejam investimentos em usinas novas ou não possuem o aporte de recursos necessários para este tipo de investimento. É bom lembrar que estas usinas demandam um custo operacional alto, principalmente em energia elétrica, que pode corresponder entre 15 a 22% do valor de um fardo de 200 kg.

Em geral, estas unidades constituem uma boa alternativa em relação aos pesados investimentos necessários em uma usina moderna. Cabe salientar que, da mesma forma, o volume de matéria-prima continua sendo o ponto essencial para o equilibrio dos custos, agora somados à necessidade de estar com um processo muito bem dimensionado, definido, adaptado e adequado para a produção que se espera. Investir em estudos e diagnósticos técnicos dos processos de beneficiamento, através de empresas especializadas, será de vital importância para levantar as reais necessidades, os processos mais adequados, as adaptações e melhorias corretas e coerentes da empresa, minimizar e melhor adequar os custos com energia elétrica que pesam no âmbito geral, analisar as fontes de custos e obter a melhor rentabilidade.

Em ambos os casos, a questão da competência gerencial é imprescindível para obter-se a máxima eficiência e controlar os custos. Seja na usina antiga ou moderna, o aumento do uso das tecnologias disponíveis demandam cada vez mais investimentos em mão-de-obra capacitada. Nesse contexto, o aumento desse custo fixo (mão-de-obra) deve ser compensado pela eficácia dos resultados, com a redução de outros custos e maior produtividade.

Desta forma, considerando a usina existente ou um novo projeto de unidade moderna ou antiga, é preciso haver controles adequados, bom planejamento, acompanhamento sistemático, apoio de instrumental tecnológico e de sistemas informatizados

de gestão integrada. Com isso, será possível considerar a usina como centro de custo, conhecer e controlar diariamente o custo de produção, e manter a qualidade, gerando um sistema de beneficiamento rentável ao empresário.

4. Breve análise da distribuição de custos do beneficiamento

Neste ponto, serão feitas breves considerações sobre a distribuição de custos na unidade de beneficiamento. O objetivo é apresentar aspectos econômicos da estrutura de custos de produção e não a forma contábil propriamente dita. Além disso, também se considera a unidade de beneficiamento como prestadora de serviço, sem, portanto, o custo de compra do algodão em caroço. Os dados da Tabela 4.3 foram obtidos no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2010).

Ao considerar a unidade de beneficiamento como uma empresa, o principal item na composição do custo de um fardo de algodão são as embalagens e materiais de consumos, com 43% do custo total, seguido da energia e gastos com máquinas (gás, por exemplo). No entanto, não se pode deixar de computar a recuperação dos investimentos feitos para a construção da algodoeira que, neste caso, ficou em 26,6% do custo total. Observe que, neste exemplo, caso não se compute a recuperação do investimento, o industrial estará subavaliando seu custo em, pelo menos, 26,6%.

Tabela 4.3. *Distribuição do custo de processamento de algodão em caroço.*

Custo de Produção	Participação (%)
Energia e operação de máquinas	**19,0**
Embalagens e materiais de consumo	**43,0**
Reparos e manutenção	**4,4**
Mão-de-obra	**5,2**
Despesas gerais e licenças	**1,8**
Custos Operacionais	**73,4**
Custo de investimento	**26,6**
TOTAL	**100,0**

Fonte: *CEPEA, 2010.*

5. Reduzir custos é essencial

Economicamente falando, alguns instrumentos favorecem a sustentabilidade de um negócio. O primeiro é produzir eficientemente, através de cortes de custos e/ou maior receita. Outro é atuar dinamicamente no mercado, comprando na baixa e vendendo na alta. Por fim, avaliar risco e precaver-se deles é primordial.

Considerando o custo de produção do algodão, para se ter a pluma para comercialização, o operacional de 10 a 14% se refere ao beneficiamento. Sobre o custo total, esta participação se reduz para, aproximadamente, 8%, sendo ainda expressivo.

Desta forma, o beneficiamento, além de ser um ponto essencial para se ter o produto a ser consumido pelas fiações, tem uma participação importante no custo de produção, podendo impactar de forma expressiva na rentabilidade do produtor. Um beneficiamento bem controlado e manejado poderá trazer um bom lucro, confiabilidade e credibilidade. Um beneficiamento sem controle, empírico e mal manejado tem grandes chances de colher prejuízos, perda de credibilidade e confiabilidade, além de afetar a imagem de quem o beneficia, da região, do estado e até do país.

Para reduzir custos, além de controles contábeis, são necessárias muitas ações gerenciais e operacionais que, devidamente aplicadas e controladas, tendem a gerar resultados satisfatórios. Muitas vezes, estas ações são consideradas de pequena magnitude, que demandam atenção apenas em um ponto do processo produtivo, sendo, portanto, marginalizadas, deixadas em segundo plano. Somente quando o problema se destaca é que as atenções se voltam para ele, mas o custo já pode ter ultrapassado os limites desejáveis. Controlar o custo fixo é um grande potencial para conseguir redução de gastos. Os custos variáveis não devem ser deixados de lado. Jamais deve-se sacrificar a manutenção para alcançar índices de redução de custos, pois isso manifestará, mais cedo ou mais tarde, prejuízos indesejáveis.

Segundo Chanselme (2008), dentre as ações que podem ser estabelecidas pela gerência da usina para iniciar um trabalho de redução de custos, estão:

- Instalar medidores de consumos (combustíveis e energia);
- Conhecer muito bem e em detalhes a composição dos custos;
- Definir e difundir os custos em todos os níveis da usina;
- Monitorar permanentemente o funcionamento da usina, conhecendo quem é o responsável por cada etapa do processo;
- Avaliar diariamente, sempre que possível, os ganhos e as perdas que resultam das práticas de produção (consumo, rendimento de fibra, caroço, fibrilha);
- Respeitar níveis de desempenho estabelecidos a cada processo;
- Respeitar o incondicional registro de ocorrências em relatórios diários (diário de bordo).

Em geral, na questão operacional, algumas formas de reduzir os custos fixos são:

- Manutenção cuidadosa dos equipamentos, para evitar paradas;
- Qualidade das peças de reposição;
- Investimento em pessoal competente e treinado.

Uma atenção especial poderá ser direcionada para diluir os custos fixos através da redução dos gastos na operação, tais como:

- Energia (ventilação, secagem);
- Equipamentos modernos e automatizados;
- Organização e redução da mão-de-obra;
- Pessoal competente e treinado;
- Zelo pela segurança

6. Conscientização do produtor

Um dos desafios que deve ser alvo das empresas diante da concorrência atual é a constante procura pela melhoria de suas atividades. As empresas precisam necessariamente concentrar esforços na busca constante de seu aprimoramento, não apenas com inovações tecnológicas, mas também na gestão e tabulação de todas as informações geradas.

Com este objetivo, a usina de beneficiamento de algodão deve ser tratada como um centro de custos, visando o detalhamento de suas atividades e à identificação de gargalos e rentabilidades. Para isso, é preciso dispor de ferramentas que facilitem o armazenamento de dados segregados, assim como elaborar periodicamente relatórios (custos e receitas, por exemplo) e indicadores de desempenho. Desta forma, será possível a determinação de metas visando ao melhor benefício / custo do negócio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, G. S. C. **Economia da comercialização agrícola.** Piracicaba: Fealq, 1987.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Bioenergias**. Disponível em: < http://www.cepea.esalq.usp.br/bioenergias/>. Acesso em: 10 dez. 2010.

CHANSELME, Jean-Luc. **Projeto Treinamento em Beneficiamento** – Cotimes do Brasil – Palestra Custos de Beneficiamento. [s.l.]: Abapa/Agopa, 2008.

FERREIRA FILHO, J. B. de S.; ALVES, L. R. A.; VILLAR, P. M. del. Estudo da competitividade do algodão entre Brasil e Estados Unidos – safra 2003/04. **Revista de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n. 1, p. 59-88, jan./mar. 2009.

HOLANDA, Nilson. **Planejamento e projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Apec/Mec, 1975.

MARION, J. C. **Contabilidade empresarial**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SANTOS, J. G.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVA, R. N. S.; LINS, L. S. **Gestão de custos: contabilidade, controle e análise**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CAPÍTULO 5

GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA

A gestão dos pátios e armazéns nas algodoeiras deve ser criteriosa, desde a escolha dos locais, os espaços de movimentação, a organização necessária, bem como, a existência dos dispositivos de prevenção contra acidentes e de prevenção e combate a incêndios, seja em áreas internas ou externas. Neste ínterim, devem ser elencados e considerados os meios de transporte, as dimensões das áreas e dos itens envolvidos, como fardões de algodão em caroço, fardos de pluma, sub-produtos e resíduos provenientes da atividade de beneficiamento.

Foto: Grupo Busato

GESTÃO DE PÁTIOS NA ALGODOEIRA

Airton Luis Ribeiro
SLC Agrícola
Correntina-BA
airton.ribeiro@slcagricola.com.br

1. Pátios de algodão em caroço

1.1. Escolha e estrutura do pátio externo de fardões

O dimensionamento do pátio externo deve se dar conforme a demanda de retirada dos fardões da lavoura. Deve-se avaliar o local para estruturar o pátio externo de espera para fardões, que deverá conter bom escoamento de água e de preferência com solo resistente para épocas de chuva. A superfície deverá ter uma boa compactação e possuir drenagem suficiente para que os fardões sejam movimentados em épocas de chuvas. As ruas entre as fileiras deverão ser cascalhadas, devido ao trânsito de máquinas pesadas para o descarregamento e o carregamento de fardões.

Todo o local deve estar livre de redes elétricas, pois qualquer imprevisto, como queda de poste ou rompimento de cabo, pode provocar um acidente ocupacional, ou principiar um incêndio. É melhor o pátio ser afastado de locais com mata, devido à possibilidade de incêndios em períodos de seca; e de estradas com muito movimento de carretas ou máquinas agrícolas, devido ao risco de fagulhas incandescentes. Se houver cruzamentos próximos, colocar quebra-molas para a redução de velocidades de veículos que se aproximem do local. O pátio de fardões (retangulares ou redondos) não deverá conter gramas em seu entorno, a fim de evitar problemas com fogo em épocas secas.

1.2. Organização de pátios de fardões

Os fardões devem ser armazenados em um *layout* que facilite a sua remoção no caso de incêndio. Por isso, é recomendado que sejam depositados em somente duas filas por rua. A usina deverá ter um croqui (mapa da área) definido e registrado em seus documentos, sistema informatizado e até mesmo um quadro fixo no escritório, onde serão constantemente atualizadas as ocupações e alterações no decorrer da safra. A armazenagem deverá ter critérios baseados na propriedade do algodão, talhão, variedade e até turno de colheita (dia e noite), etc.

1.2.1. Fardões retangulares

Ao armazenar fardões retangulares, é recomendado colocá-los em linha de blocos de três fardões deixando um espaçamento de 2 m a cada bloco para melhorar a movimentação e a retirada, em caso de incêndio. Entre fardões do bloco de três, uma distância de 50 cm será observada para facilitar a retirada da lona e o monitoramento da temperatura. A disposição dos fardões poderá ser dimensionada de forma a ficar um corredor de 2 m entre duas linhas e de 10 m entre ruas de 2 linhas (Figura 5.1). Utiliza-se raramente a disposição em espinha de peixe, onde os fardões podem ser retirados individualmente com facilidade (Figura 5.2).

Lonas de cores diferentes permitem identificar algodões de qualidades distintas. Esta prática auxilia na agilidade do transporte e também do beneficiamento. Os colaboradores envolvidos em tirar e colocar o capuz nos fardões deverão ter o máximo de cuidado para não ocorrer queda, evitar ficarem próximos às bordas e sobre o capuz molhado.

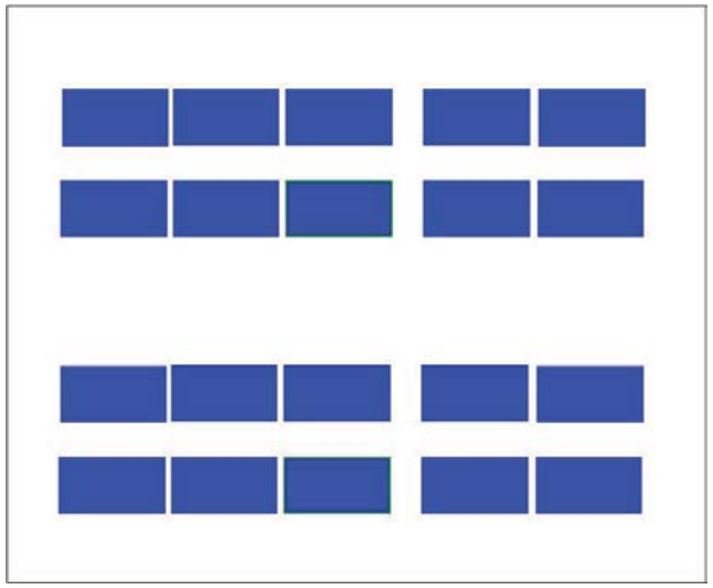


Figura 5.1. *Armazenamento em linha.* (Fonte: *SLC Agrícola, 2013).*

1.2.2. Fardões redondos

Os fardões redondos devem ser armazenados em linha de, no máximo, quatro fardões juntos. Não é recomendado armazenar os fardões um sobre o outro ou em linha contínua de vários fardões juntos, para evitar maiores perdas em casos de incêndio. O espaçamento que poderíamos considerar seguro seria deixar um espaço de, no mínimo, 2 m entre dois blocos (seria um rolo, em média, de segurança). Tal espaçamento agiliza tanto a retirada do algodão quanto a movimentação em casos de incêndio. Duas linhas de fardões separadas de, no mínimo, 50 cm constituem uma rua. Para cada rua de depósito, haverá uma de movimentação e acesso lateral, a fim de facilitar o acesso do veículo de transporte (Figura 5.3). O espaçamento entre duas ruas de

Figura 5.2. *Armazenamento em espinha de peixe.* (Fonte: *SLC Agrícola, 2013).*

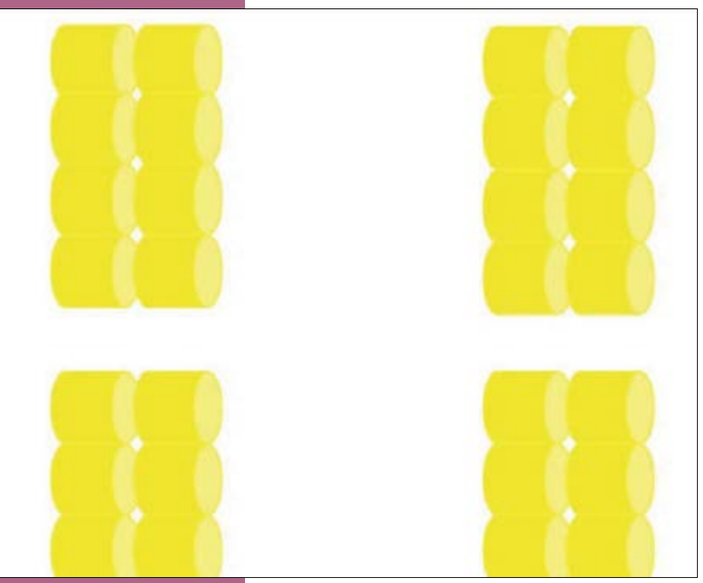


Figura 5.3. *Linhas de fardões redondos.*
(Fonte: *SLC Agrícola, 2013).*

Figura 5. 4. *Orientação dos fardões nas ruas.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2012).*

depósito deverá ser de, no mínimo, 10 m de largura, para maior agilidade no carregamento ou descarregamento dos fardões.

Dependendo do tipo de movimentação (transmódulo, espetos, garras), os fardões poderão ser depositados de duas maneiras: no sentido da rua (a linha dos fardões alinhados constitui um rolo comprido) ou transversal ao sentido da rua, ou seja, de forma que a lona plástica fique de frente para a entrada da rua (Figura 5.4).

Cada rua será composta de uma identificação com um número e duas seções (filas). Deverá ser instalada uma placa de identificação em cada cabeceira de rua.

Para enlonamento ou envelopamento dos blocos, os colaboradores deverão utilizar cinto de segurança engatado em linha de vida (cabo de aço instalado entre duas estruturas) e, se necessário, subir sobre os fardões. Para este trabalho, podem-se prender as extremidades da lona ou capuz com uma corda e realizar o enlonamento sem a necessidade de subir sobre os blocos. Duas pessoas podem realizar este procedimento puxando, juntas, a corda presa às extremidades da lona ou o capuz sobre o bloco.

Os trabalhadores polivalentes devem ter treinamento para executar trabalho em altura e procedimentos de segurança da tarefa. Os operadores deverão receber treinamento para operar máquinas de transporte de carga.

O equipamento de proteção recomendado no pátio é composto de capacete e botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta e óculos de segurança (movimentação de fardos de pluma) e máscara respiratória nos dias secos.

1.3. Movimentação dos fardões

Ao carregar os fardões na lavoura, o motorista deverá ter a certeza de que não há animais peçonhentos embaixo da lona ou capuz, porque as cobras procuram locais quentes para se esconder. O motorista deverá carregar consigo uma lanterna para, à noite, conferir e erguer o capuz antes de puxar o fardão sobre o transmódulo. Ao término do descarregamento, enquanto as correntes estiverem girando para retirar o resto de algodão, não é permitido ter pessoas atrás do caminhão ou realizando a retirada de restos de algodão da esteira em movimento. Deve ser instalada uma escada para o acesso ao fardão sobre o caminhão, a fim de retirar a touca e evitar a queda do motorista ou auxiliar. Deve-se recolher os fardões sem trazer impurezas e terra.

Ao movimentar os fardões no pátio de espera, o motorista deverá redobrar a atenção, pois o espaço é reduzido e, por ser próximo à algodoeira, poderá haver pessoas no local. Ao entrar de ré na pista de descarga do fardão, o motorista deverá se certificar se não há pessoas realizando limpeza perto do local de descarga do fardão, entre o caminhão e o desmanchador, e também utilizar os retrovisores para não colidir com a parede. As laterais das portas de entrada da usina deverão ser pintadas em uma altura suficiente para que o motorista consiga enxergar uma faixa de cor amarela com listras pretas,

Figura 5. 5. *Descarregamento de fardões redondos.*
(Foto: *SLC Agrícola, 2013).*

Figura 5.6. *Transporte de fardões redondos.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2012).*

ou instaladas faixas refletivas e fosforescentes do mesmo tipo.

O operador do equipamento de descarga e carga de fardões redondos deve se manter atento ao realizar as atividades (Figura 5.5). O operador nunca deverá movimentar a máquina próxima a pessoas e/ou carretas devido ao uso de garfos ou espetos para a carga dos fardões redondos; recomenda-se transitar com os espetos suspensos e inclinados para trás. Ao transitar com o fardão preso aos espetos, o operador deverá deixá-lo a uma altura segura, para que não cubra sua visão na parte dianteira do equipamento, evitando assim a colisão ou o atropelamento de pessoas (Figura 5.6). O operador sempre deverá usar o cinto de segurança para que, em um possível acidente, não venha a cair da máquina. Ao carregar os fardões redondos em carretas, jamais se deve permitir que pessoas permaneçam próximas ao veículo e deve-se estar atento para não colidir os espetos contra o caminhão. A máquina deverá sempre estar equipada com sinal sonoro de ré, buzina e extintor de classe ABC.

Antes de realizar os trabalhos com a máquina, o operador deverá realizar um chek-list, para verificar possíveis defeitos na máquina, que, no decorrer da atividade, poderá ocasionar acidentes ou perda de tempo na atividade. Nos locais onde houver circulação de pessoas próximas a curvas, a buzina deverá sempre ser utilizada, como forma de advertência.

Para evitar contaminação ao beneficiar o algodão, o operador deverá se certificar de que o plástico do fardão não esteja rompido e, ao depositá-lo na piranha, posicionará a emenda fora da linha de corte da lona.

Os operadores de veículo de transporte devem ser treinados especificamente, conforme a NR 11.

1.4. Prevenção de incêndios

Nos locais destinados a fardões de algodão redondos e retangulares, é necessário tomar algumas precauções para evitar incêndios. Este local não deverá conter gramas, para que não se propaguem chamas em períodos de seca. A unidade de produção deverá sinalizar o local com placas de advertência contra chamas e, se possível, desviar o trânsito de carretas e máquinas que possam emitir fagulhas em seus escapamentos para outras estradas. Nos casos de máquinas destinadas a trabalhos nestes locais, estas deverão ser equipadas com corta-fagulhas em seus escapamentos. O local deve ser interditado a fumantes e preparo de alimentos.

No caso de pátios afastados da usina de beneficiamento onde haja hidrantes, deve-se deixar um caminhão pipa diariamente abastecido e próximo do local para uso em casos de emergência. Devem-se manter os fardões monitorados para a certificação de sua temperatura interna devido a possíveis incêndios, principalmente em períodos de chuvas devido ao aumento da temperatura interna destes fardões ocasionado pela umidade e o calor. Neste caso, o fardão deverá ser imediatamente encaminhado para a usina, a fim de ser desmanchado e beneficiado.

Os trabalhadores envolvidos no processo de carregamento e descarregamento de fardões devem ser treinados e orientados com os procedimentos de prevenção e combate a incêndio. Em dias de mau tempo e incidências de raios, as vistorias no pátio de espera de fardões deverão ser intensificadas. No período noturno, recomenda-se deixar um vigia treinado e orientado quanto aos procedimentos a serem tomados no caso de incêndio. Este colaborador deverá ter disponível um equipamento de comunicação para emergência e eventualidades. O caminhão pipa citado acima deverá estar equipado com rádio, quatro mangueiras de 1 polegada de diâmetro e comprimento de 15 m cada, com bico regulável e uma motobomba. A mangueira de 1 polegada é recomendada neste caso, pois a potência da motobomba é menor que a de um hidrante fixo.

2. Armazenagem da pluma (pátios externos e armazéns)

Antes de serem armazenados, os fardos devem ficar em um local designado de espera, de 24 a 48 horas. Para controle de risco de incêndio, este local deverá ser afastado do depósito de pluma. Em casos de suspeita de fogo, os 10 fardos anteriores e os 10 posteriores saídos da prensa deverão ser mantidos em observação, de 24 a 48 horas.

2.1. Estrutura do pátio externo de pluma

O dimensionamento do pátio deve se dar conforme a demanda de produção e estocagem da algodoeira. Deve-se avaliar o local para estruturar o pátio externo de armazenamento de pluma. Este local deve conter bom escoamento de água, ser afastado de redes energizadas, com para-raios nas proximidades e, de preferência, com solo resistente para épocas de chuva.

É recomendado colocar pó de brita para evitar a contaminação da fibra pela poeira de terra ou areia, e avaliar a possibilidade de cascalhar ou asfaltar as ruas de circulação de empilhadeiras e carretas nos locais destinados à montagem dos blocos de pluma. Em relação ao espaçamento entre blocos, deve-se manter um limite mínimo de 1 m entre os mesmos e de 10 m entre blocos e ruas, para uma margem de segurança em caso de incêndio (Figura 5.7).

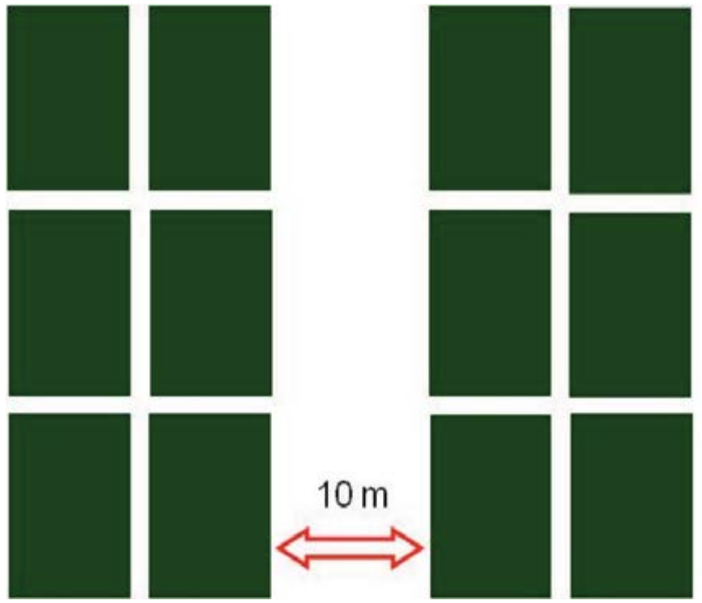


Figura 5.7. *Organização do pátio.* (Fonte: *SLC Agrícola, 2013).*

Este procedimento, juntamente com outras ações, são quesitos para avaliações de seguradoras em relação a valores a serem pagos.

O equipamento de proteção re-

Figura 5.8. *Bloco de fardos de 140 x 53 cm.* (Foto: *SLC Agrícola, 2013).*

Figura 5.9. *Bloco de fardos de 106 x 53 cm.* (Foto: *Grupo Busato).*

comendado no pátio é composto de capacete e botina de segurança, cinto de segurança (trabalho em altura), luvas de vaqueta e óculos de segurança (movimentação de fardos de pluma), além de máscara respiratória nos dias secos.

2.2. Estrutura dos blocos de pluma em pátio externo

Os fardos de pluma liberados para armazenamento devem ser emblocados de forma retangular, sobre estrados de madeira com, no máximo, 12 cm de altura, para melhor estabilidade do bloco. No caso dos fardos de dimensões 140 x 53 cm, este bloco deve conter, no máximo, 6 x 8 fardos na base e, no máximo, 2 fardos de pluma de altura. Serão colocados 14 fardos deitados sobre o bloco fazendo com que este forme uma estrutura para melhorar o escoamento de água nos períodos de chuva (Figura 5.8). No caso dos fardos de 106 x 53 cm, o bloco terá dimensões diferentes. Poderá ser organizado com base de 6 x 6 fardos e três fardos de altura. Serão colocados16 fardos deitados sobre o bloco (Figura 5.9).

Para enlonamento ou envelopamento dos blocos, os colaboradores deverão utilizar cinto de segurança engatado em linha de vida, podendo ser utilizada a mesma linha de carregamento.

Os trabalhadores polivalentes devem ter treinamento para executar trabalho em altura e procedimentos de segurança da tarefa. Os operadores devem receber treinamento para operar máquinas de transporte de carga.

2.3. Armazenamento de pluma em depósito interno

Os fardos de pluma devem ser empilhados em piso plano e sobre estrados de madeira ou concreto para evitar contato com o solo, com perfeita estabilidade nas pilhas, o que se consegue através de fardos uniformes e de mesmo tamanho. É recomendado utilizar sarrafos de madeira entre uma camada e outra de fardos, para manter o seu alinhamento e amarração.

Procurando estabilidade e segurança, os fardos deveriam normalmente ser empilhados deitados (Figura 5.10). Apesar de ser desaconselhado, o empilhamento dos fardos de pé é frequente, essencialmente por razão prática. É recomendado dispor uma ou duas camadas de fardos deitados em cima do bloco, e orientados de maneira a aumentar a estabilidade das colunas de fardos. Deve-se deixar um espaço de 0,50 a 0,80 m entre os blocos, para o acesso em caso de emergência; e arruamento de 3,5 a 4 m, para o acesso da carga e movimentação (Figura 5.11). A distância com relação às paredes não deve ser menor do que 1,2 m.

Nos locais onde houver lâmpadas sobre as pilhas, deverá ser mantido um distanciamento de segurança de até 1 m do fardo até a lâmpada, para evitar acidentes no empilhamento e carregamento. As lâmpadas destes locais devem ser as utilizadas para áreas classificadas (enclausuradas), a fim de evitar possíveis fagulhas em decorrência de curto-circuito. As fiações de energia devem estar sobre ou den-

Figura 5. 10. *Empilhamento deitado.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 5. 11. *Armazenamento interno de fardos.* (Foto: *SLC Agrícola, 2012).*

tro de eletrodutos antichamas. No carregamento destes fardos, o conferente jamais deverá checar o número dos fardos sobre a pilha, devido ao risco de queda. É recomendado que a empilhadeira desça os fardos e que seja feita a conferência no solo. Não se deve permitir que as pessoas circulem no depósito no momento da quebra de lotes (separação), por causa do risco de queda dos fardos.

Deve-se manter a sinalização de área restrita nas portas de acesso dos depósitos de pluma, pois existe risco de acidente com lesão e esmagamento fatal. O pessoal envolvido deve ser treinado. O equipamento de proteção recomendado nos armazéns de pluma é composto de capacete, botina, luvas de vaqueta, óculos de segurança, máscara respiratória e protetor auditivo.

2.4. Carregamento de fardos de pluma

No carregamento de fardos de pluma, o local deverá estar equipado com linha de vida para os colaboradores prenderem o cinto de segurança, no trabalho em altura. A linha de vida deverá estar em uma altura que possibilite o trabalho de empilhadeiras e que seja mais alta do que a última linha de fardos colocados sobre a carreta. O cabo utilizado terá diâmetro de 8 mm e não deverá ter emendas ou desgastes em sua extensão. O projeto deve ser realizado por profissional habilitado e pessoa responsável por construir a estrutura. O motorista não deve permanecer próximo à carreta durante o carregamento, devendo ficar na cabine do veículo ou em local apropriado indicado para tal fim. Após o carregamento concluído, os fardos devem ser amarrados com cinta para evitar a sua queda no deslocamento para a pesagem, antes do enlonamento da carreta.

O pessoal envolvido na atividade sobre a carreta deve ser treinado para trabalho em altura. O equipamento de proteção recomendado é composto de cinto de segurança, capacete, botina, luvas de vaqueta, óculos de segurança, máscara respiratória e protetor auditivo.

Figura 5. 12. *Mangueira com diâmetro de 50 mm.* (Foto: *SLC Agrícola, 2011).*

2.5. Prevenção e combate a incêndio

Nos armazéns internos e externos, é obrigatório o uso de equipamentos de combate a incêndio, devido ao grande risco de fogo. Os pátios e depósitos destinados a armazenar algodão devem estar equipados com rede de hidrantes com mangueiras 50 mm, de 15 m cada e com bico de jato regulável (Figura 5.12). Em cada caixa de hidrante, recomenda-se ter 4 mangueiras atingindo 60 m no total. Para um melhor dimensionamento destes equipamentos, deve-se realizar o projeto de um Programa de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico (PPCIP).

Figura 5. 13. *Caixa de hidrante no armazém.* (Foto: *SLC Agrícola, 2011).*

Um reservatório de armazenamento de água deve ser mantido somente para alimentar a rede de hidrantes. Este depósito de água varia conforme a demanda do número de hidrantes em relação à capacidade de fogo do material armazenado (algodão). Juntamente com o reservatório, duas bombas de água deverão ser mantidas, uma elétrica e outra a combustível (óleo diesel), em casos de falta ou possível corte de energia elétrica. O estabelecimento também pode manter um caminhão pipa equipado com rádio amador, mangueiras e bicos de jato regulável, sempre disponível em caso de emergência.

As bombas e hidrantes deverão ser testados periodicamente, para avaliar suas condições de funcionamento, e as bombas que abastecem os reservatórios de água devem estar sempre em funcionamento. Quando for necessária a limpeza do reservatório de água, deve-se deixar o caminhão pipa parado no local, para dar auxílio em caso de incêndio. As mangueiras somente devem ser usadas para o fim a que se destinam e não para molhar pátios ou lavar barracões, a fim de evitar que se danifiquem. Também depois de usadas, devem ser mantidas abertas e, de preferência, erguidas até se secarem totalmente. Após, enrolar e guardar nas caixas de hidrantes (Figura 5.13).

O depósito interno de pluma, além de hidrantes, deve conter extintores de classe A (água) em locais específicos e em quantidade determinada no PPCIP. Em locais de acesso aos pátios externos e armazéns internos, é sugerido que se coloquem placas de advertência para não provocar ali chamas ou fagulhas. Quando for necessário realizar trabalhos a quente (solda, oxicorte, lixamento e esmerilhamento) nestes locais, deverá ser feito um plano para que não ocorra incêndio (uso de tapumes, resfriamento e retirada dos fardos de algodão, se possível). Este tipo de trabalho sempre será realizado com o auxílio de uma pessoa equipada com extintor de classe A.

Todos os meses, as condições dos equipamentos para combater incêndio e de emergência devem ser avaliadas com check-lists. Os colaboradores deverão estar orientados sobre como agir em caso de incêndio e a quem comunicar. Um treinamento de 20 h de duração deverá ser realizado, para a formação de brigadistas de combate a incêndio. Normalmente, o brigadista mais próximo deverá ser comunicado e o alarme de emergência acionado. Se o estabelecimento não possuir alarme, a buzina de um veículo pode ser utilizada, de forma intermitente, para avisar os demais. O estabelecimento poderá dispor de um quadro ou placa com os ramais a serem contatados em caso de emergência.

Brigadistas treinados, hidrantes e extintores suficientes para a carga de material armazenado (PPCIP), alarme e spinclers, entre outros, são itens indispensáveis à aquisição e baixo custo de seguros.

2.6. Movimentação de empilhadeiras

As empilhadeiras para trabalho em locais fechados não devem ser movidas a combustíveis que liberam dióxido ou monóxido de carbono. Nos locais onde houver circulação de pessoas próximos a curvas dentro dos barracões, deverão ser instalados espelhos côncavos para melhorar a visualização do operador e das pessoas.

Além das recomendações gerais de uso de empilhadeiras (velocidade, manobras, manutenção), existem regras específicas para a movimentação de fardos.

O operador de empilhadeiras e equipamentos de movimentação de fardos de pluma deve manter sua atenção ao realizar as atividades, principalmente em depósitos a céu aberto (pátio externo). O operador nunca deverá movimentar a máquina com a lança erguida e/ou com a carga suspensa, pois este procedimento poderá ocasionar o tombamento da máquina ou acidentes com pessoas em circulação. Recomenda-se circular com os garfos suspensos a, no máximo, 20 cm do solo. Ao carregar os fardos de pluma em carretas, jamais se deve permitir que pessoas permaneçam próximas ao veículo, e deve-se ter atenção com os demais que fazem o acondicionamento dos fardos na carreta. As empilhadeiras devem sempre estar equipadas com sinal sonoro de ré, buzina e extintor de classe ABC. Os operadores jamais deverão realizar o içamento de pessoas em suas lanças ou garfos.

Quando pegar os fardos de pluma, o operador deve se certificar se os mesmos estão suspensos a uma altura segura, para não causar quedas dos demais que ainda estão no bloco (Figura 5.14).

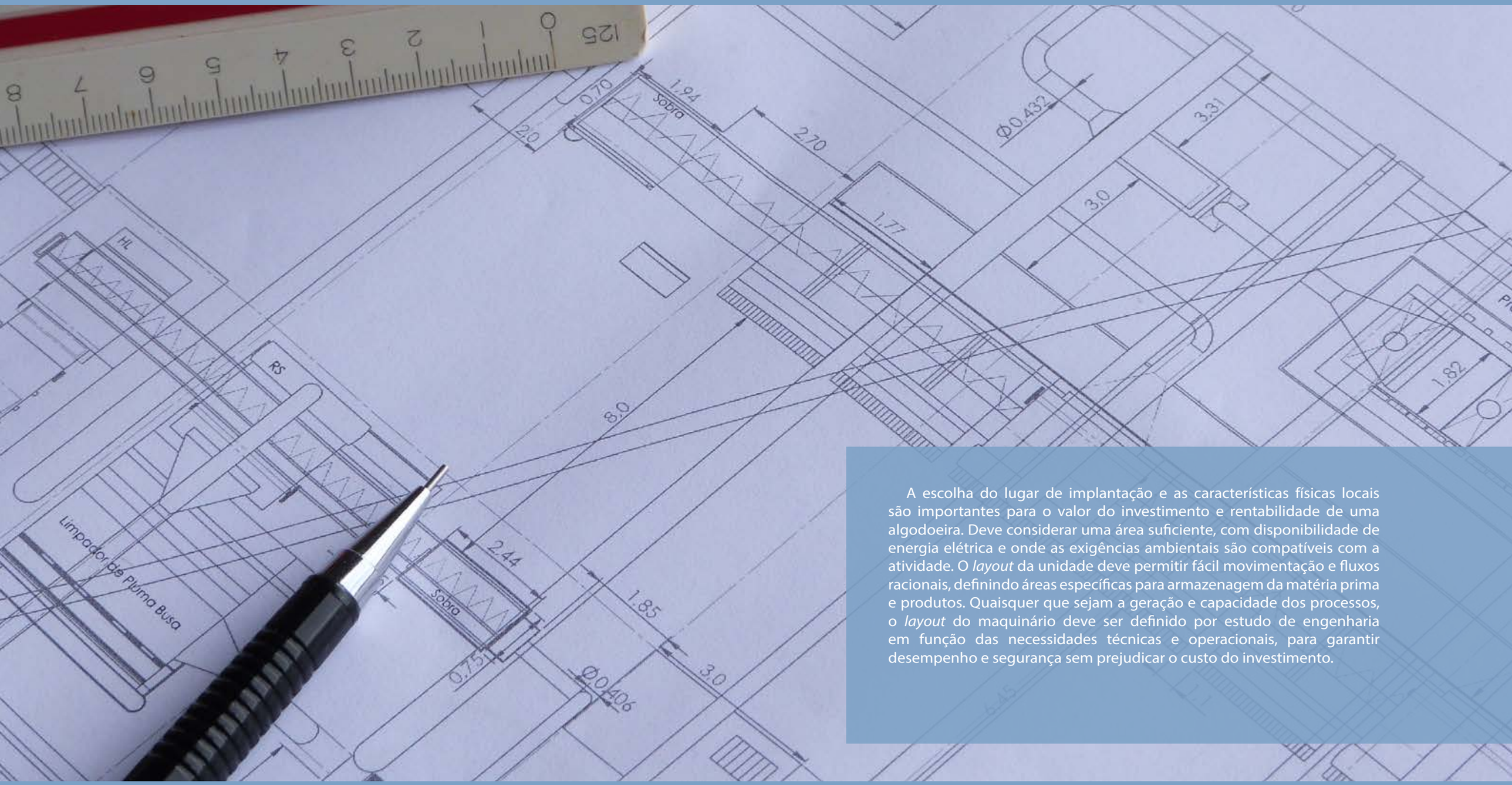
O operador de empilhadeira terá treinamento de 40 h, conforme a NR 11. Trabalhadores polivalentes receberão treinamento específico de segurança na operação. Os equipamentos de proteção são os recomendados para pátios externos e armazéns de pluma.

Figura 5. 14. *Empilhamento de fardos.* (Foto: *SLC Agrícola, 2012).*

Foto: Cotimes do Brasil

CAPÍTULO 6

IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO



A escolha do lugar de implantação e as características físicas locais são importantes para o valor do investimento e rentabilidade de uma algodoeira. Deve considerar uma área suficiente, com disponibilidade de energia elétrica e onde as exigências ambientais são compatíveis com a atividade. O *layout* da unidade deve permitir fácil movimentação e fluxos racionais, definindo áreas específicas para armazenagem da matéria prima e produtos. Quaisquer que sejam a geração e capacidade dos processos, o *layout* do maquinário deve ser definido por estudo de engenharia em função das necessidades técnicas e operacionais, para garantir desempenho e segurança sem prejudicar o custo do investimento.

Foto: Cotimes do Brasil

IMPLANTAÇÃO DE ALGODOEIRA E PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO

Jean-Luc Chanselme
Cotimes do Brasil
Cascavel-PR
jean@cotimesdobrasil.com.br

1. Regras para a escolha do lugar de implantação

Como qualquer indústria, a rentabilidade de uma algodoeira é fortemente determinada pela localização e organização espacial do processo utilizado (*layout*). Vários elementos devem ser considerados para escolher um lugar para uma usina nova ou realocar uma usina existente.

A acessibilidade do local é fundamental, sendo de fácil acessibilidade para clientes, donos e funcionários.

No caso do produtor, a usina deve ser instalada na parte central da área cultivada da fazenda ou do conjunto de fazendas para limitar os custos e o tempo de seu abastecimento.

No caso da usina prestadora de serviço, o acesso é um critério importante de escolha pelos clientes e a proximidade de uma via boa e, se possível, pavimentada é um ponto muito positivo.

1.1. A área disponível

É importante dispor de uma área de tamanho suficiente para poder desenhar um *layout* geral da unidade industrial, que seja funcional. A funcionalidade inclui uma boa movimentação para o abastecimento da usina e o manuseio dos produtos acabados, assim como uma capacidade suficiente de armazenagem, de acordo com as regras de segurança estabelecidas.

1.2. As características físicas locais

As características do solo são importantes. Os terrenos acidentados necessitam de obras caras, para terraplanagem e preparação. A obra civil de uma usina comporta muitas infraestruturas subterrâneas, tais como valetas para tubulações e fossa para prensa. Solos rochosos ou mal drenados tornam a construção muito cara e até podem comprometê-la.

Áreas baixas são sujeitas a inundações, deixando o acesso difícil, a construção mais difícil e demorada, ameaçam os equipamentos (prensas) e os produtos armazenados.

1.3. As exigências ambientais

No mundo e no Brasil, a tendência atual é proteger o meio ambiente. A atividade de beneficiamento do algodão não gera poluição química, mas produz poeira, barulho e trânsito. A localização da usina deve evitar áreas protegidas e a proximidade de áreas povoadas. A direção do vento predominante deve sempre ser considerada, para evitar transtornos em áreas mais ou menos distantes.

1.4. A disponibilidade de energia elétrica

A concessionária de energia local deve ser contatada, para saber sobre a disponibilidade e o preço dos serviços. Frequentemente, a energia não está disponível no local ou a rede deve ser modificada para atender a usina. Trazer a energia até o local tem custo. Uma pesquisa nas indústrias já implantadas na região com relação à qualidade da energia também é essencial antes de escolher um local.

Enfim, podem existir diferenças significativas entre locais com relação às cargas tributárias. As instituições e autarquias locais devem ser consultadas sobre a questão de impostos, para uma análise sobre a propriedade e os serviços que serão cobrados.

2. Regras para o *layout* da área da usina

Não existe nenhum *layout* padrão, pois cada lugar tem suas características próprias, tais como tamanho e forma de área, instalações preexistentes, restrições, *etc*. No entanto, várias regras devem ser aplicadas para se desenhar corretamente o arranjo de uma algodoeira para eficiência e segurança (Figura 6.1).

2.1. Ter espaço para movimentação

Um espaço bem proporcionado melhora a produtividade e reduz o risco de acidente com equipamentos e pessoas.

Caminhos permanentes e de largura suficiente devem ser delimitados e materializados e, se possível, pavimentados, para evitar desmanchamento do solo com tráfego intenso (Figura 6.2). São importantes para o movimento do algodão em caroço (transmódulos entrando, saindo ou deslocando fardões) e para o trânsito dos caminhões que transportam caroço, pluma ou resíduos.

O armazenamento de fardos de algodão frequentemente é feito em forma de pilhas numa área exclusiva do pátio ou do armazém, porém o armazenamento em galpões é bastante comum.

Amplos espaços devem ser deixados para que visitantes e clientes estacionem perto do escritório e o entorno da usina deve dispor de locais adequados para a espera dos caminhões que farão o carregamento de caroço e pluma ou a descarga de fardões de algodão em caroço.

2.2. Orientação em relação ao vento predominante

O galpão de beneficiamento, com o seu sistema de coleta de poeira e resíduos, deve

ser posicionado de modo que o vento predominante carregue a poeira e os fragmentos de pluma para longe do escritório, áreas de armazenamento de fibra e algodão em caroço, e também do próprio galpão de beneficiamento. A quantidade de poeira que entra na algodoeira e no ambiente de trabalho deve ser mínima, para favorecer a limpeza do algodão processado.

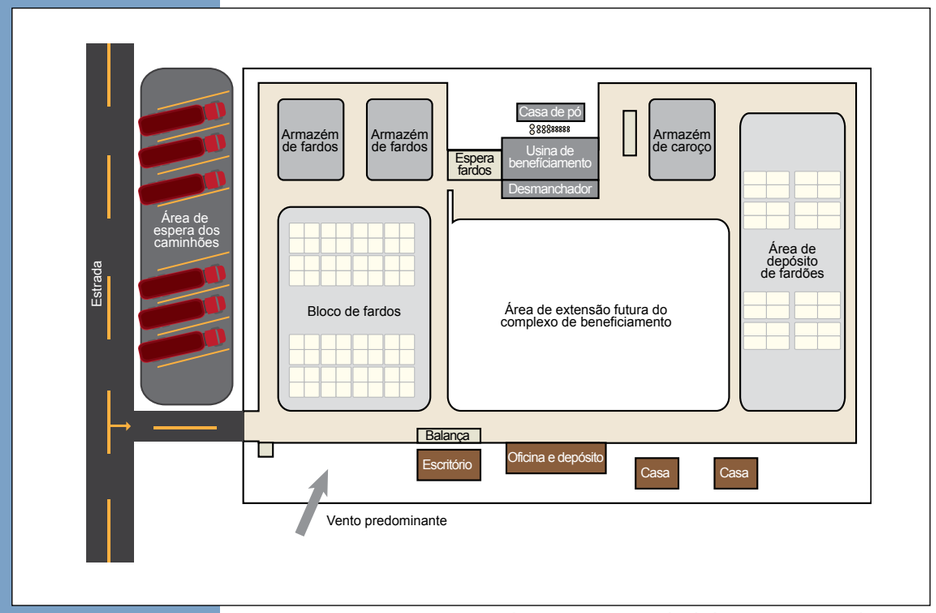


Figura 6.1. *Exemplo de layout respeitando regras básicas. (*Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 6.2. *Pavimentação de caminhos e pátio.* (Foto: *Sofitex, 2011).*

3. Regras para *layout* do maquinário

O arranjo do maquinário de beneficiamento é parcialmente definido por necessidades funcionais. Por exemplo, a distância entre descaroçadores e limpadores de pluma varia muito pouco e o comprimento da bica de fibra é definido pela capacidade de produção. Imperativos econômicos no investimento e na operação obrigam a otimizar o espaço e a procurar, por exemplo, trajetos de tubulações mais curtos possíveis. O *layout* dos equipamentos deve ser definido por estudo de engenharia e deve garantir o bom funcionamento e o alto desempenho do processo, preservando espaço suficiente para uma operação com segurança, fácil monitoramento das atividades e manutenção, sem prejudicar o custo de investimento.

No caso das usinas novas, o construtor geralmente sugere o dimensionamento e o desenho do prédio, assim como um *layout* dos equipamentos e vários desenhos, com todas as dimensões e cargas necessárias à preparação da obra civil (posição e dimensões das valetas, espessura do piso de concreto, etc.). A configuração inicial da usina é muito importante, pois, devido às construções abaixo do nível do piso de concreto, grandes mudanças, como localização de descaroçadores ou prensa, são muito difíceis e caras. Por isso, o remodelamento das algodoeiras antigas geralmente é limitado quando se substitui maquinário antigo por moderno.

No Brasil, é comum o deslocamento de usinas antigas de uma região para outra ou dentro da mesma região (ver capítulo histórico) sem o desenho e o *layout* do maquinário. O arranjo dos equipamentos fora e dentro da sala de beneficiamento se faz de maneira empírica, segundo os hábitos de montadores ou funileiros. Para conseguir níveis bons de operação e desempenho, facilitar os trabalhos de manutenção e reduzir riscos para operadores é importante trabalhar com engenharia, a fim de selecionar ou construir prédios de tamanhos suficientes e adaptados para receber um maquinário bem organizado, baseados num *layout* apropriado e funcional e com possibilidade de evolução posterior (Figura 6.3).

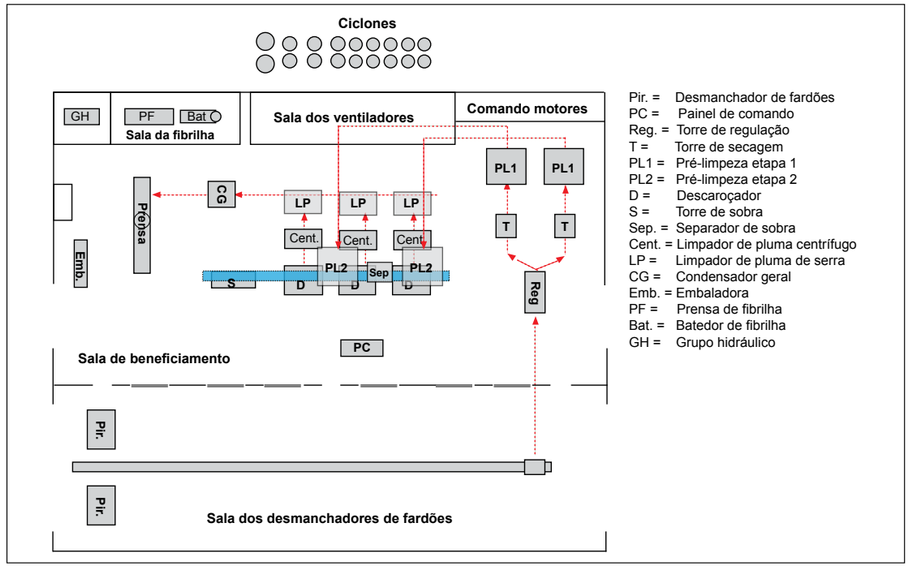


Figura 6.3. *Exemplo de layout de maquinário.*
(Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 6.4. *Espaço de trabalho na frente dos descaroçadores.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 6.5. *Iluminação do ambiente de trabalho.* (Foto: *Cotimes, 2006).*

No desenho do *layout* de uma usina nova, assim como das antigas, várias considerações devem ser feitas, tais como verificar:

- o espaço entre as máquinas e na frente dos descaroçadores (Figura 6.4);
- a localização do(s) desmanchador(es) de fardões, que devem estar isolados da sala de beneficiamento, para evitar contaminação pela poeira;
- a localização dos ventiladores, que devem ser instalados em uma sala apropriada, para reduzir barulho e riscos;
- a localização das tubulações, que devem ser postas no chão, para abrir espaço;
- os trajetos de tubulações, otimizando-os para reduzir o consumo de energia;
- a localização do painel de controle, instalando-o bastante longe, na área livre na frente do conjunto de descaroçadores, para se poder facilmente controlar o maquinário e os operadores durante a operação;
- a localização dos armários elétricos, pondo-os num local específico, fechado e condicionado para temperatura e poeira;
- se há iluminação adequada e com bastante claridade no ambiente de trabalho (telhas translúcidas no teto) (Figura 6.5);
- a localização da coleta de resíduos, para fácil movimentação, redução do risco de incêndio e contaminação.

O espaço livre dentro da sala de beneficiamento, necessário para a operação e a manutenção eficientes dos equipamentos, não deve ser aproveitado para o armazenamento de fardos, o que apresenta um alto risco de incêndio e de perda de toda a unidade industrial.

Foto: Grupo Busato

CAPÍTULO 7
O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

As etapas identificadas no processo de beneficiamento de algodão são o descarregamento e alimentação, a gestão da umidade com secagem e umidificação, a limpeza do algodão em caroço, o descaroçamento, a limpeza de pluma, a prensagem e embalagem da pluma. O capítulo apresenta os princípios de funcionamento e regulagens dos vários modelos de equipamentos que compõem os processos das usinas de tipo antigo e das unidades modernas de alta capacidade. Normas técnicas, regras de dimensionamento, possibilidades de automação e recomendações de gestão e operação são justificadas e detalhadamente expostas para cada etapa do processo.

Foto: Cotimes do Brasil

O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

Jean-Luc Chanselme
Cotimes do Brasil
Cascavel-PR
jean@cotimesdobrasil.com.br

1. Descarregamento e alimentação do processo

Para um ótimo funcionamento e controle, o processo de beneficiamento deve ser alimentado com um fluxo regular de algodão em caroço. A remoção do algodão em caroço do fardão nunca pode ser perfeitamente regular, principalmente por causa da heterogeneidade de densidade da massa de algodão, e os sistemas de descarregamento devem ser completados por sistemas de regulação de fluxo.

Existem dois sistemas de descarregamento na algodoeira:

- O desmanchador de fardões, que desmancha o módulo mecanicamente. O algodão em caroço é dispersado e descompactado antes de cair numa esteira lateral que leva até a sucção inicial;

- O telescópio móvel, que remove o algodão diretamente do reboque ou do módulo por sucção. Este sistema se tornou muito raro no Brasil devido ao pouco uso de reboques.

1.1. O descarregamento por desmanchador de fardões

Em Mato Grosso, o algodão em caroço colhido é acondicionado em fardões prensados na lavoura. Nas algodoeiras, o sistema de descarregamento por telescópios, antigamente o mais comum, foi substituído por um sistema mecânico, mais adaptado à compactação alta e gerando um fluxo mais regular. A máquina utiliza cilindros rotatórios de pinos ou facas para desmontar a massa de algodão, que é coletado na parte baixa da máquina por uma rosca e levado até uma correia/fita que o transporta até o ponto de sucção para o processo.

No Brasil, quase todos os desmanchadores de fardões são de tipo móvel. Os fardões que chegam do campo são descarregados na pista do desmanchador, que se desloca. Em muitos outros países, existem desmanchadores fixos. Neste caso, são os fardões que se deslocam em cima de um sistema de movimentação. Os fardões são transportados a uma velocidade ajustável sobre uma série de unidades transportadoras, cada uma do seu comprimento (esteiras metálicas, rolos ou piso móvel – *walking floor*). São tecnologias dos anos 1970 criadas nos EUA (Figura 7.1).

Figura 7.1. *Desmanchadores de cabeça móvel e estacionária.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

O desmanchador móvel é localizado em uma área coberta e com um piso de cimento. O comprimento da pista permite, em geral, colocar quatro a seis módulos encostados pelas pontas. O desmanchador é montado em trilhas de cantoneiras. Um motorredutor move o desmanchador dentro do fardão. Pela velocidade de andamento, controla-se o fluxo de algodão que entra na usina. A regulação do fluxo não é perfeita por causa da heterogeneidade de compactação do fardão. Um motor de movimento aciona a cabeça desmanchadora para deslocamento rápido ao encontro dos fardões ou para trás, quando o desmanchador é de sentido único e deve ser deslocado para poder recarregar a pista. O algodão desmanchado por 6 a 7 cilindros em rotação é projetado no espaço atrás dos cilindros e bate contra uma chapa traseira antes de cair nas roscas de saída lateral (Figura 7.2). A chapa traseira é fixa nas máquinas unidirecionais e pendular nas máquinas bidirecionais, para poder liberar o acesso às roscas, qualquer seja o sentido de andamento.

Os desmanchadores fixos começam a aparecer no Brasil com o desenvolvimento da tecnolo-

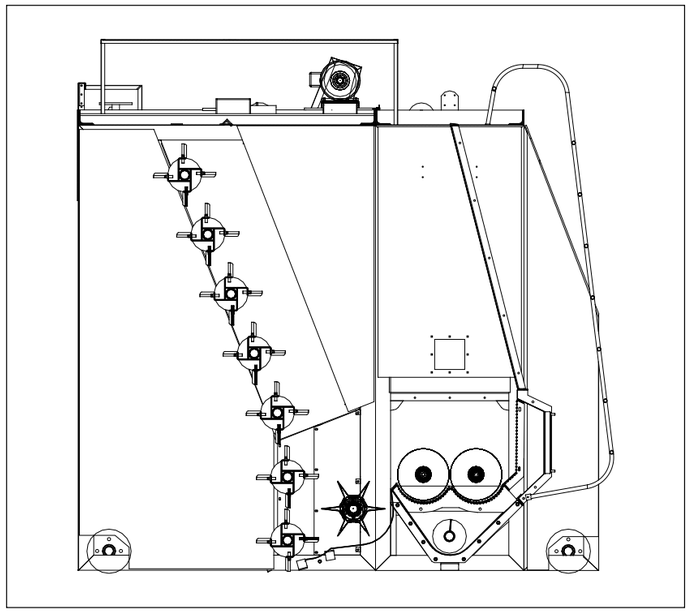


Figura 7.2. *Corte do desmanchador de fardão móvel.* (Fonte: *Busa Ltda, 2004).*

Figura 7.3. *Desmanchador móvel e fardões redondos.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

gia dos fardões redondos, mesmo que os desmanchadores móveis sejam muito bem aproveitados (Figura 7.3).

O desmanchador móvel sempre precisa de uma esteira de largura adaptada à capacidade da usina (por exemplo, 61 cm para 24 fardos por hora) e localizada ao longo de toda a plataforma alimentadora. Ela recebe o algodão do desmanchador e o carrega para o fim da plataforma, até o ponto de sucção. No caso da máquina móvel, o algodão deve ser aspirado no final da esteira. A solução mais econômica consiste em combinar sucção com secagem. Neste caso, uma caixa de ar quente recebe o algodão e o ar quente, que são puxados para dentro da usina. Muitas usinas antigas têm uma sucção simples, separada da secagem, o que representa um maior gasto de energia.

Para garantir uma alimentação contínua e suficiente do processo, o operador do desmanchador móvel deve evitar que falte algodão na máquina ou que ela ande com velocidade flutuante. Os fardões sempre devem ficar bem encostados, para evitar flutuações de alimentação e evitar que o módulo desmorone na entrada da máquina e provoque um embuchamento. A velocidade de movimentação deve ser regulada de acordo com o fluxo desejado e deve ser pilotada automaticamente. No final do último módulo, deve ser utilizada uma chapa inclinada para conseguir um desmanchamento total, evitando a queda do fardão e a falta de alimentação do processo. No caso de um único desmanchador, recomenda-se o uso de uma máquina bidirecional, para abastecer com módulos do lado oposto quando se aproxima do fim da pista.

Um operador experiente deve saber inverter as funções, para garantir que não haja tempo perdido durante o carregamento do sistema. Uma só máquina unidirecional gera muita perda de produção, em função do retorno da máquina por toda a pista antes de novamente poder abastecê-la e alimentá-la. Usinas de alta capacidade precisam de duas máquinas funcionando juntas para conseguir um fluxo suficiente. Neste caso, são de tipo unidirecional e uma delas deve permanecer alimentando o processo, enquanto a outra retorna ao início da pista, para reabastecimento. Os desmanchadores de fardões geram muita poeira (Figura 7.4) e o local das máquinas deve ficar separado da sala do processo de beneficiamento por uma parede, para evitar a contaminação do ambiente de

trabalho e do algodão. A parede deve possuir vidros grandes para o maquinista poder enxergar permanentemente os desmanchadores e comunicar-se visualmente com os operadores, se necessário.

Ao descompactar o algodão em caroço do fardão, os pinos dos rolos desmanchadores arrancam fibra soltando mechas observáveis no algodão depositado na fita lateral (Figura 7.5). É um inconveniente do desmanchamento, que não existe com os telescópios. Essas mechas soltas, em sua maioria, se perdem no decorrer do processo (principalmente nos batedores que trabalham com sucção) ou chegam até os descaroçadores, onde se encarneiram, reduzindo o tipo da fibra produzida. A velocidade de rotação recomendada para os rolos desmanchadores é de 330 a 360 RPM. Velocidades maiores aumentam o beneficiamento pelos pinos e afetam negativamente a apresentação da fibra.

O respeito das regras de segurança é fundamental na operação, pois a máquina apresenta cilindros de pinos abertos, em rotação, sem proteção.

Figura 7.4. *Poeira gerada pelo desmanchador de fardões.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

Figura 7.5. *Mechas de fibra beneficiada pelo desmanchador.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

Figura 7.6. *Troca da chapa traseira por grelha.* (Foto: *Cotimes, 2006).*

Figura 7.7. *Sistema de catação de poeira no desmanchador móvel.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

1.1.1. Opções dos desmanchadores

Nos estacionários, é comum instalar um limpador de cilindros de pinos embaixo da máquina. Em geral, o objetivo é separar areia.

No Brasil, encontram-se várias adaptações destinadas a aumentar a função de limpeza no desmanchador móvel:

- Batendo o algodão, os cilindros desmanchadores conseguem a separação de uma parte da sujeira. Ao bater na chapa traseira, a sujeira cai em cima do algodão que está se deslocando transversalmente nas roscas. Para resolver parcialmente esse problema, a chapa traseira pode ser trocada por uma grade de barras horizontais de 9 mm, separadas em até 10 mm (Figura 7.6);

- O transporte lateral pelas roscas deve também ser aproveitado para separar uma parte dos resíduos, utilizando grade de barras embaixo das roscas. As barras de 9 mm têm espaçamento de 10 a 12 mm para permitir a separação das casquinhas; devem ser orientadas paralelamente ao eixo das roscas para evitar perdas de algodão;

- Acréscimo de um batedor inclinado no desmanchador móvel: o batedor recebe o algodão projetado atrás dos cilindros desmanchadores. Acrescido na máquina unidirecional ou aproveitando dos cilindros de um lado da máquina bidirecional (que então se torna unidirecional), comporta, em geral, 7 cilindros. A taxa de sujeira fina eliminada é alta, o que explica o sucesso desta adaptação. No entanto, nas adaptações existentes, o algodão não pode ser desviado, o que apresenta um inconveniente grande no caso do algodão úmido, que é batido e rolado pelos pinos sem nenhuma possibilidade de secagem, o que provoca o encarneiramento da fibra e de sua sujeira, que fica mais difícil de separar nas demais etapas de pré-limpeza, aumentando, no final, as perdas de fibra no limpador de pluma;

- Sistemas de captação da poeira emitida dentro da máquina pela ação de desmanchamento e batida (Figura 7.7).

1.1.2. Automação do desmanchador de fardões

Quando não tem dispositivo específico de regulação do fluxo de algodão introduzido no processo (torre de regulação), o que é o caso de todas as usinas antigas e de algumas modernas, o fluxo de algodão jogado no processo depende diretamente da velocidade de andamento dos desmanchadores de fardões. Nas usinas antigas, acontecem muitos embuchamentos individuais dos descaroçadores e o ritmo de beneficiamento dos conjuntos não é estável. Sem torre de regulação, todas essas variações obrigam, frequentemente, a ajustar a velocidade de andamento dos desmanchadores para tentar conseguir uma alimentação fina e regular, suficiente, de todos os descaroçadores ou evitar um exagero de sobra. Devido ao longo tempo que o algodão que sai do desmanchador leva para chegar até os descaroçadores (que aumenta com a distância entre o desmanchador e o ponto de sucção), o ajuste manual é difícil, e é frequente observar o operador mexendo continuamente, criando uma flutuação grande da alimentação e do funcionamento do processo.

Neste caso, a automação da regulação da velocidade é impossível, porém uma melhoria simples e necessária pode ser providenciada, consistindo em parar automaticamente o desmanchamento e a esteira quando o beneficiamento parar, ou ainda reduzir as velocidades à metade quando um dos dois conjuntos parar.

Outro fator que dificulta a regulação da alimentação unicamente pela velocidade de andamento do desmanchador é a heterogeneidade da densidade do algodão dentro do fardão e entre os fardões.

1.2. O descarregamento por telescópios

Antes da aparição dos fardões, o algodão era acondicionado em reboques, podendo ser compactado ou não. O descarregamento devia então ser feito diretamente no reboque, utilizando um sistema pneumático com sucção através de tubos verticais movidos manualmente, os telescópios.

O descarregamento por telescópios operados manualmente apresenta a vantagem da simplicidade (poucas peças em movimento), mas tem o inconveniente do custo

Figura 7.8. *Descarregamento por telescópio manual.* (Foto: *Cotimes, 2004).*

da mão-de-obra e é inadaptado às usinas de grande porte (30 fardos por hora ou mais). Somente algumas algodoeiras antigas de pequena capacidade ainda utilizam o telescópio manual para descarregar fardões e alimentar o processo (Figura 7.8).

Telescópios hidráulicos e automatizados foram desenvolvidos para poder alimentar usinas de alta capacidade, com até 60 fardos por hora. O operador instalado numa cabine elevada aciona os telescópios por intermediário de *joysticks*. O sistema, bastante sofisticado, requer operadores treinados, junto com ajustes e manutenção, seguindo à risca as recomendações do construtor. Com a armazenagem em fardões, desmanchadores são muito mais simples de se usar, mais baratos e com manutenção simplificada, no entanto o descarregamento por telescópios hidráulicos quase não se encontra no Brasil.

Com equipamentos manuais ou hidráulicos, o descarregamento por telescópio gera um fluxo de algodão muito irregular. É imprescindível então regular este fluxo descarregando o algodão, primeiro, numa caixa de regulação, para poder providenciar ao processo um fluxo constante de matéria-prima.

O sistema pneumático de descarregamento deve ser calculado tomando-se em conta o fluxo de algodão potencial por unidade de tempo, ele mesmo estimado em função da produção nominal de fardos por hora. Sabendo que a velocidade de ar para conseguir transportar o algodão em caroço, inclusive quando ele está úmido, é de 23 m/s e utilizando uma relação ar/algodão de 1.2 m^3/kg, é possível calcular o diâmetro das tubulações de sucção. O ventilador deve ser escolhido para poder gerar este fluxo, acrescentado de um fator devido às perdas por entrada de ar falso, contra uma pressão estática a ser calculada em função do trajeto das tubulações (comprimento e curvas) das máquinas transitadas pelo ar e do sistema de separação de sujeira.

No sistema de telescópio, pelo fato de o ar arrancar o algodão da massa compactada, a velocidade de ar deve ser superior, a princípio de 30 m/s, o que, considerando o fluxo de ar nas tubulações, permite definir o diâmetro do telescópio, sempre inferior ao das tubulações horizontais. Sistemas de descarga (sucção) nas usinas antigas utilizam ventiladores de tamanho 45/50, com motores de 60 CV por conjunto. Frequentemente, ventiladores modernos e de melhor desempenho permitem trabalhar com motores menores[1].

1.3. O controle da alimentação em algodão em caroço

Para conseguir um funcionamento e desempenho perfeitamente regulares das máquinas do processo no decorrer do tempo e poder ajustar o nível da alimentação do processo de maneira fina, é preciso um sistema de regulação na entrada da sequência de máquinas. Como foi demonstrado, tal sistema justifica-se, seja qual for a técnica de descarregamento. Nas usinas modernas e de alta capacidade, o desempenho e a produtividade são mais sensíveis às flutuações do fluxo de algodão. Neste caso, o sistema de regulação de fluxo é indispensável.

O sistema deve possuir dois componentes para satisfazer as necessidades de regulação: uma caixa de armazenagem e um dispositivo dosador. Também deve ser automatizado, para evitar as flutuações inevitavelmente geradas pelas intervenções humanas. As máquinas chamadas de "torre de regulação" respondem as estes critérios. Os componentes destas torres são os seguintes (Figura 7.9):

- Um separador, para separar o ar de transporte do algodão em caroço. Pode ser um separador clássico, com rolo de palhetas limpando uma tela fixa, ou um separador de cilindros de pinos (em geral 3), que providencia uma pré-abertura no caso de descarregamento por telescópio;

- Uma caixa de armazenagem do algodão, para neutralizar as flutuações do fluxo de algodão geradas pelo desmanchador ou o telescópio, e representando uma reserva mínima de 30 segundos de beneficiamento. Para calcular o volume da caixa de alimentação, deve-se considerar uma densidade média de algodão de 70 a 80 kg/m^3. Para não gerar embuchamentos na saída da caixa, a altura de armazenamento não deve ultrapassar de 2.5 a 2.6 m, que é a altura de instalação do sensor de nível alto. A caixa tem altura um pouco maior, variando de 3.2 a 3.6 m, dependendo do fabricante e do modelo. Por exemplo, para uma usina que produz 25 fardos por hora, uma caixa de volume 4.2 m^3 dará uma reserva de 1 minuto de beneficiamento, aproximadamente;

- Um dispositivo de dosagem do algodão com motorredutor e velocidade variável, para jogar, na sequência de máquinas, um fluxo controlado, sem flutuações e correspondente ao ritmo de produção desejado. Em geral, os rolos dosadores são seguidos de um rolo dispersador, para abrir o algodão novamente após a compressão na caixa pelo próprio peso e entre os dosadores, e favorecer a retomada pelo ar de secagem embaixo da torre (Figura 7.10);

- Uma ou duas válvulas de vácuo, para isolar a caixa de armazenamento da caixa de sopro, onde o algodão liberado pela torre é misturado ao ar de retomada.

A torre de regulação é um elemento essencial da automação da alimentação do processo. Ela é interligada e interage com o descarregamento a montante e com a sobra automática e os descaroçadores a jusante. Sensores fotoelétricos ou de fim de curso, instalados na caixa de armazenamento, controlam o nível alto (caixa cheia) e o nível bai-

[1] - Para mais detalhes sobre ventilação, ver o Capítulo 8 deste manual.

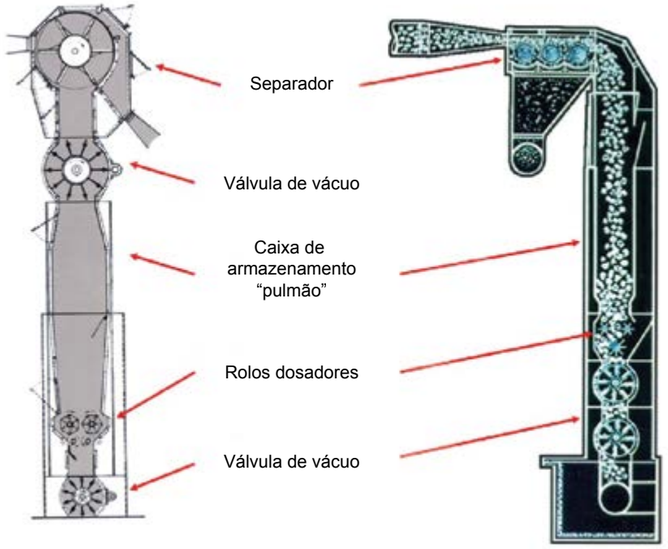


Figura 7.9. *Corte de uma torre de regulação de fluxo.* (Fonte: *Lummus Corp. e Continental Eagle Corp., [19--]).*

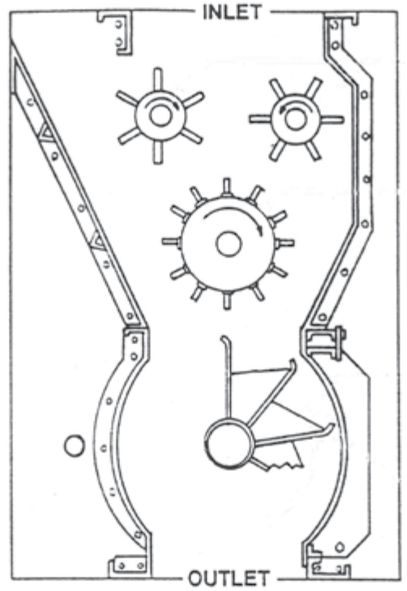


Figura 7.10. *Detalhe da parte dosadora.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., 2000).*

xo (pouca reserva). Quando a caixa estiver cheia, o autômato reduz a velocidade do desmanchador e da fita lateral, ou abre uma válvula pneumática de ar falso, quando se usa telescópios. Ao inverso, quando o nível de matéria na torre estiver baixo, o autômato acelera o desmanchador ou fecha a válvula de ar livre. A jusante, uma caixa de sobra cheia faz parar ou reduz a rotação dos cilindros dosadores. Ao levantar um ou mais peitos de descaroçadores, o autômato reduz a rotação ou faz parar os rolos dosadores.

1.4. Separação inicial de matérias estranhas

O algodão em caroço que chega do campo contém várias matérias estranhas. Algumas devem ser retiradas no início do processo, para não danificar os equipamentos ou gerar incêndios. É o caso das pedras, frequentemente juntadas ao algodão pela colheita mecânica ou armazenagem feita diretamente no chão, no campo ou no pátio da usina. Também é usual encontrar outros corpos estranhos pesados, como partes metálicas e maçãs verdes, mais frequentes no caso do algodão colhido com *Stripper*, e que provocam vários problemas quando entram nas máquinas, tais como desgastes e incrustação, manchas e alteração da umidade da fibra.

A densidade desse tipo de matéria é muito mais elevada do que a do algodão em caroço, o que permite separá-las com bastante facilidade, deixando de aspirá-las quando o algodão é aspirado por um fluxo vertical numa fita ou quando é utilizada a força de inércia ou centrífuga junto com a redução de velocidade do ar para separá-las do fluxo de ar de transporte. Essa segunda técnica é aproveitada pelos cata-pedras, também chamados de "armadilha de maçãs verdes". No tipo mais eficiente (Figura 7.11), o ar de transporte e o algodão chegam numa secção maior, perdendo velocidade e ao mesmo tempo seguindo uma repentina mudança de direção, graças a um defletor regulável. A perda de velocidade e a força de inércia provocam a separação dos corpos densos, que caem pelo tubo vertical conectado ao dispositivo. Uma abertura ajustável permite criar um corrente vertical de ar, ajudando a resgatar o algodão em caroço que poderia cair junto com os resíduos. O defletor deve ser regulado de maneira a conseguir o melhor compromisso entre eliminação de resíduos e perdas de algodão. Os resíduos separados pelo cata-pedra caem numa tubulação vertical até o chão. Para funcionar corretamente e não enfraquecer a sucção, o cata-pedra precisa de vedação perfeita na parte inferior. Pode ser com uma válvula de vácuo ou com uma tampa pendular, com contrapeso instalado na extremidade baixa do tubo.

Figura 7.11. *Cata-pedra triangular clássico.* (Foto: *Cotimes Afrique, 2011).*

Existe outro tipo de cata-pedra nas usinas antigas. Do tipo tubular, ele utiliza uma brusca mudança de direção do fluxo para separar as matérias densas. Por razão da pressão estática gerada e pela fraca eficiência, este dispositivo não é mais utilizado nas usinas modernas.

2. Gestão da umidade

2.1. Generalidades e justificativas

A gestão da umidade do algodão é importante para o bom funcionamento do processo de beneficiamento e a qualidade da fibra produzida. O algodão em caroço de umidade alta pode causar embuchamentos e danos aos equipamentos, fica difícil de abrir, não pode ser adequadamente limpo e resulta em rendimentos de fibra baixos e fibra de aspecto encarneirado, com graus baixos. O algodão seco demais irá gerar eletricidade estática e embuchamentos. Limpar-se-á facilmente, mas quebras de fibra irão ocorrer sob efeito dos tratamentos mecânicos violentos no descaroçador e no limpador de pluma. Também a fibra seca é mais difícil de prensar e resultará em produtividade menor e custo mais alto.

Ora, as algodoeiras recebem matéria-prima com níveis de umidade muito variáveis (de 4 a 20%), tornando a gestão da umidade imprescindível. Tal variabilidade se explica pelas condições de umidade na colheita, de clima (chuvas e umidade do ar), de armazenamento e proteção de fardões.

A troca de água com o ar ambiente que ocorre naturalmente e provoca aquela variabilidade da umidade da matéria-prima entregue à usina possibilita o controle da umidade do algodão durante o processo de beneficiamento. É importante poder levar essa umidade aos diversos níveis adequados para a limpeza de algodão em caroço, a separação das fibras e do caroço, e limpeza da fibra. O controle da umidade no decorrer do processo gera lucro, pela eficiência do beneficiamento (produtividade) e pela qualidade da fibra produzida.

Pode-se secar ou umidificar o algodão. Intervenções sobre umidade no beneficiamento compõem a secagem, a umidificação do algodão em caroço e da fibra.

A gestão da umidade apresenta um interesse para todos na cadeia algodoeira. O produtor conseguirá um rendimento de fibra máximo e uma fibra de bom valor no mercado. O beneficiador conseguirá produzir mais fardos por hora. A indústria têxtil conseguirá uma matéria-prima dando boa produtividade e qualidade de produtos acabados. A falta de controle da umidade do algodão no beneficiamento afeta dramaticamente o lucro de todos, particularmente o do produtor.

2.1.1. Princípios físicos envolvidos

O algodão em caroço é composto de fibras e caroço, dois componentes higroscópicos, ou seja, que trocam naturalmente umidade com o ar ambiente até atingir um ponto de equilíbrio, o equilíbrio higroscópico. No equilíbrio, uma determinada umidade relativa do ar corresponde a uma umidade da fibra e a uma umidade do caroço. A Figura 7.12 mostra o teor de umidade do caroço, da fibra e do algodão em caroço no equilíbrio, em função da umidade relativa.

Interpreta-se a figura da seguinte maneira: a fibra deixada num ar, a 21° C e 60% de umidade relativa, alcançará uma umidade de equilíbrio de 7,2%, e o caroço de 10,5%. O teor de umidade do algodão em caroço ficará entre os dois e depende da proporção de fibra (40%, no caso da figura). Baixando-se a umidade relativa para 30% (nível muito frequente durante a safra brasileira), o teor de umidade da fibra baixa para 4,2%.

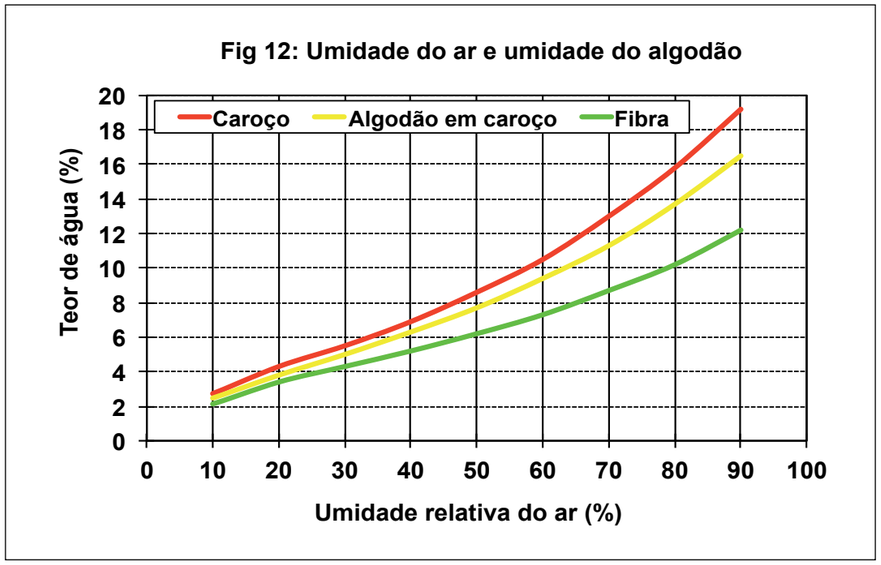


Figura 7.12. *Equilíbrio higroscópico do algodão.*
(Fonte: *CIRAD, 1965).*

A troca de umidade com o ar ambiente é muito mais rápida no caso da fibra (horas) do que do caroço (dias). O controle da umidade durante o beneficiamento é feito em períodos muito curtos (segundos), portanto refere-se essencialmente à fibra. O teor de umidade das sementes não é alterado. O dos resíduos grandes fica alterado na superfície.

Existem dois tipos de umidade no algodão. A umidade higroscópica, que pode ser qualificada de "interna", pois o vapor d'água torna-se parte da estrutura molecular da fibra ou do caroço. Na fibra, ele penetra na celulose amorfa ou nas regiões não-cristalinas. A umidade de superfície, ao contrário, é localizada no exterior da matéria. A água migra permanentemente entre o interior e a superfície da fibra. A relação entre os dois tipos de umidade na fibra é muito variável. Um algodão em caroço molhado pela chuva, orvalho ou aspersão na bica terá um excesso de umidade superficial, enquanto uma exposição prolongada do algodão a um ar muito úmido levará a uma alta umidade higroscópica. Os dois estados de umidade resultam em propriedades de fibra diferentes. Por exemplo, um algodão de alta umidade superficial vai grudar nas partes metálicas em contato e perturbar o processamento, enquanto um algodão de alta umidade higroscópica terá maior flexibilidade e será protegido das agressões mecânicas.

Temperaturas e umidade relativa do ar ambiente variam constantemente no decorrer do dia. O ar quente pode carregar mais água do que o ar frio. Com a baixa da temperatura, de noite por exemplo, a umidade relativa do ar aumenta e vice-versa (Figura 7.13). A rapidez da troca de água entre o ar e a fibra resulta numa variação da

sua umidade no decorrer do dia, com possibilidade de atingir níveis bastante altos ou baixos. É muito comum ouvir os operadores falarem que o funcionamento da usina é mais redondo de noite. A explicação é que o ar ambiente condiciona naturalmente a fibra, umidificando-a naturalmente, eliminando os problemas devidos à eletricidade estática, deixando-a mais pronta para o descaroçador e mais fácil de prensar.

A gestão da umidade do algodão no beneficiamento deverá levar em conta essas variações, medindo regularmente a umidade relativa do ar e ajustando a secagem ou a umidificação.

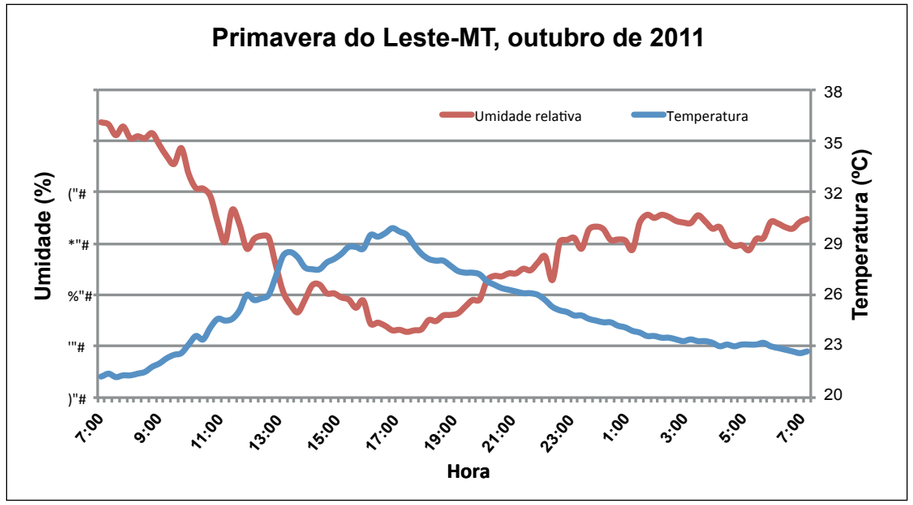


Figura 7.13. *Variações diárias da temperatura e da umidade relativa do ar.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

2.2. A secagem do algodão em caroço

2.2.1. Justificativa e princípio

Um sistema de secagem bem desenhado e dimensionado permite combinar os objetivos do produtor, do beneficiador e do fiandeiro. Facilita a limpeza e a abertura do algodão em caroço e reduz o encarneiramento; aumenta o rendimento de fibra, pelas menores perdas de fibra no limpador de pluma, e aumenta a produção da usina, evitando reduzir o ritmo para tratar os algodões úmidos e embuchamentos.

A secagem bem desenhada e operada não é perigosa para a fibra. No campo, nos dias secos e com temperatura alta, a fibra chega a umidades muito baixas (2% ou menos). O que fica perigoso é descaroçar uma fibra seca. O sistema de secagem deve ser poderoso o suficiente para poder tratar qualquer tipo de algodão que chega na usina, a fim de não ter que reduzir a cadência de produção para poder aguentar quantidades elevadas de algodão úmido e sujo. Temperaturas altas não devem ser utilizadas, para não danificar a fibra. Em geral, elas são utilizadas para tentar compensar desenhos errados e o subdimensionamento dos sistemas de secagem. Os sistemas de alto volume, pela potência de secagem disponível, não precisam de temperatura alta. Eles são mais cuidadosos quanto à qualidade e favorecem o comprimento.

A secagem deve ocorrer o mais cedo possível, antes de qualquer tratamento mecânico, porém, para secar, o algodão em caroço deve ser bastante aberto. A secagem favorece a limpeza, a abertura e aumenta o rendimento de beneficiamento, pois evita as perdas de fibra que ocorrem no limpador de pluma quando a sujeira está encarneirada na fibra úmida, no batedor. Na entrada no processo, a umidade da fibra deve ser reduzida e homogeneizada a um nível que permita uma boa circulação da matéria e uma limpeza eficiente, sem aparição de eletricidade estática. Este nível de umidade é de 4 a 5%. Considerando que a fibra e o caroço dentro de um fardão estão em equilíbrio, uma umidade de fibra de 5% corresponde a uma umidade de algodão em caroço próxima de 6%. Para conseguir a umidade certa para a limpeza do algodão em caroço, a secagem deve, então, ser aplicada a partir de uma umidade de fardão de 6 à 7%.

A secagem do algodão em caroço é justificada na maioria das áreas produtivas do Brasil, principalmente no início e no fim da safra de beneficiamento. Devido às condições climáticas no momento da colheita, fardões podem chegar na usina com umidade de 10% ou mais. No caso de prolongamento da safra (capacidades do processo de beneficiamento ou produtividade insuficientes), o beneficiador deve, então, praticar a secagem. Algumas regiões mais ao sul, com clima bastante frio e chuvoso, impõem a instalação de sistemas de secagem potentes e seu uso frequente durante a safra.

O princípio da secagem é colocar o algodão em contato com uma corrente de ar quente. A umidade dentro e em torno dele cria uma pressão de vapor de água determinada pelo teor de umidade e temperatura. Se a pressão de vapor de água no ar ambiente é menor do que aquela produzida pelo algodão, a secagem ocorrerá. A força que remove a umidade do algodão, portanto, corresponde à diferença de pressão de vapor de água. Quanto maior esta diferença, mais rápida a secagem. Ao aquecer o ar ambiente, a umidade relativa diminui e a sua capacidade de absorver a umidade do algodão aumenta. A secagem mais rápida ocorre no início, quando o ar é bem mais quente que o algodão. A diferença de pressão do vapor de água e a taxa de secagem diminuem ao longo do processo.

Quando a umidade do algodão não é muito elevada, é possível a secagem com ar ambiente e sem aquecimento, se a umidade relativa é baixa. Por exemplo, para secar uma pluma até uma umidade de 5%, a umidade relativa do ar ambiente no sistema de transporte ou de secagem deve ser de, aproximadamente, 40% ou menos (Figura 7.12). No cerrado do Brasil e em uma boa parte da safra, o ar frequentemente apresenta, durante o dia, uma umidade relativa baixa que permite fazer uma secagem sem gastar energia.

Vários fatores influenciam a secagem:

- A temperatura e a umidade do ar: quanto mais quente e seco o ar, maior o potencial de remoção de umidade da fibra;
- O volume de ar disponível: haverá maior potencial de secagem quanto maior for a relação ar/algodão;
- O tempo de contato entre o algodão e o ar: a quantidade de água retirada da fibra aumenta com o tempo de exposição;

- O deslizamento do ar sobre o algodão favorece a troca de vapor de água por convecção;
- A abertura do algodão: o algodão em caroço aberto seca mais rapidamente.

Para uma determinada instalação de secagem, quanto mais úmido o algodão, mais alta deverá ser a temperatura do ar, para poder reduzir a umidade da fibra até o nível desejado.

A secagem tem duas fases: inicialmente e constantemente, durante alguns segundos, a secagem retira a umidade de superfície; durante a segunda fase, a mais significativa, a umidade interna migra até a superfície, de onde é extraída.

2.2.2. Normas e dimensionamento

O algodão em caroço é uma matéria natural, agrícola e heterogênea, também com relação à umidade, que pode variar muito dentro de um mesmo fardão. O sistema de secagem deve ser desenhado e dimensionado para poder tratar todos os tipos de algodão que chegam à usina em todas as condições climáticas habitualmente encontradas na área. Deve respeitar normas para manter a produtividade da usina, gastar o mínimo de energia e poder aumentar o valor comercial da fibra, sem agredi-la. Em nenhum caso, a temperatura de qualquer porção do sistema de secagem deve exceder a 177º C. Acima desta temperatura, a fibra sofre queimaduras. Ela pega fogo por volta de 232° C (ANTHONY E MAYFIELD, 1994).

Desenhar um sistema de secagem não se limita a instalar uma fonte de calor e secador. Devem-se considerar os equipamentos anteriores e posteriores no processo, alterações eventuais de máquinas existentes, calcular o diâmetro e os trajetos de tubulações e ventiladores em função das características aráulicas do sistema, para consumir o mínimo de energia. As matérias estranhas usam uma boa parte da energia calórica e, consequentemente, do potencial de secagem. Os sistemas de secagem devem ser dimensionados de acordo com o tipo de colheita.

O dimensionamento de um sistema de secagem obedece a normas de fluxo de ar e de temperatura de ar. A velocidade do ar nas tubulações deve ser mantida entre 22 e 25 m/s. Numa torre de gavetas, a velocidade é menor (entre 7,5 e 10 m/s). O fluxo de ar necessário é calculado combinando-se a capacidade da usina com a relação volume de ar/peso de algodão desejada (entre 1,9 e 3,1 m^3/kg). A combinação do fluxo (m^3/h) com a velocidade (m/s) permite definir a secção das tubulações e dos secadores. O algodão em caroço se move mais devagar que o ar de secagem. Progressivamente, seca, afofa e chega a uma velocidade similar ao ar. No caso dos algodões muito úmidos e para evitar reduzir muito o ritmo de beneficiamento, o sistema de secagem deve ser de alto volume.

Os sistemas de alto volume, pela potência de secagem disponível, não precisam de temperatura alta. Eles são mais cuidadosos quanto à qualidade. Para evitar temperaturas altas, é preciso alto volume de ar, sistema pneumático e equipamentos bem dimensionados, e controle automático de temperatura. Sistemas de secagem potentes não gastam mais energia, pelo fato de serem de alto volume. Geralmente, utilizam somente sucção e aproveitam melhor o potencial de secagem do ar ambiente, durante uma boa parte da safra.

O uso de secadores sem gavetas ou de alto volume permite trabalhar com menos energia (menos resistência ao deslocamento do ar), eliminando a necessidade de ventilação dupla (ventiladores de empurrar e de puxar). O fluxo de ar é gerado por um ventilador de sucção. As vantagens de uma secagem por sucção são a ausência de emissão de poeira na usina e a menor temperatura de trabalho das tiras de borracha das válvulas de vácuo. O dimensionamento do sistema de ar deve levar em conta as entradas de ar falso no circuito.

Um sistema de secagem bem dimensionado e potente, respondendo rapidamente às variações do algodão em caroço, é o segredo para manter a produção em situações de umidade altas, evitando embuchamentos e paradas. Uma secagem potente, com resposta rápida, permite economia de combustível e proteção da fibra. O sistema deve ser calculado e desenhado para cada usina, por um estudo de engenharia que deverá levar em conta o custo de investimento e de uso.

2.2.3. Equipamentos

O sistema de secagem comum usa uma fonte de calor (queimador e ventilador), tubulações, um secador (torre de secagem) e um dispositivo de separação (batedor). Equipamentos complementares são importantes para operar o sistema, tais como medidores, sensores e controladores, no caso de sistema automatizado.

A fonte de calor condiciona a eficiência do sistema de secagem. Ela deve ser adaptada a grandes fluxos de ar. Por isso queimadores de tipo cortina são preferidos aos de tipo canhão.

Baseando-se no fluxo de ar no sistema de secagem e no acréscimo de temperatura procurado, é possível calcular a quantidade de calor necessária para aquecer o fluxo de ar, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{kcal por hora} = 0.29 \times (\text{fluxo de ar } m^3/h) \times (T_2 - T_1)$$

Onde

T_1 = temperatura do ar ambiente (em °C); e

T_2 = temperatura do ar após o aquecedor (em °C).

Por exemplo, se o sistema de ar está puxando 17.000 metros cúbicos de ar por hora e o acréscimo de temperatura procurado é de 80° C, o calor a ser providenciado é de 394.400 kcal/h. No Brasil, o gás utilizado para a secagem do algodão nas algodoeiras é o propano líquido (PL), que tem um teor mínimo de calor de 6.000 kcal por litro. Assumindo uma eficiência de combustão de 95%, a quantidade de combustível necessária para gerar 394.400 kcal é por volta de 69 litros de LP.

Os queimadores devem ter uma combustão eficiente e uma grande amplitude de

Figura 7.14. *Queimadores a gás.* (Foto: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

Figura 7.15. *O trocador de calor deve ser dimensionado.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

chama para serem econômicos. Devem ter tempo de resposta muito curto para poder adaptar a temperatura do ar às variações de umidade do algodão, preservar a fibra e gastar a energia justa necessária. Os queimadores a gás e petróleo respondem a estes critérios (Figura 7.14). Os queimadores utilizados nas algodoeiras têm poder calorífico entre 250.000 e 4 milhões de kcal/h. Usar queimadores grandes, com sistemas de secagem de alto volume, não gera mais custo de combustível por fardo, pela possibilidade de secar com temperaturas menores ou até com o ar ambiente.

Fontes de calor devem ter uma interface homem-máquina, para que haja instruções e visualizações permanentes, no painel de controle, das temperaturas e alarmes.

Ao considerar as exigências de automação, rapidez de resposta e taxa de redução para conseguir uma secagem que combina eficiência com preservação da qualidade da fibra, entendem-se as limitações do sistema utilizando caldeiras e trocadores de calor (radiadores) como fonte de calor, que, hoje, estão se generalizando no Brasil (Figura 7.15). O dimensionamento adequado do trocador de calor é importante para não abafar o fluxo de ar e conseguir as temperaturas desejadas. A pressão estática gerada pelos trocadores de calor, mesmo bem dimensionados, pode impossibilitar uma secagem com aspiração. Neste caso, um ventilador deve ser acrescentado para ajudar, empurrando o ar através do radiador. Hoje, encontram-se no Brasil muitas falhas de dimensionamento e cuidados devem ser tomados ao comprar tais sistemas. A única maneira de conseguir automação e tempos de resposta curtos para temperatura utilizando trocadores de calor consiste em dosar o ar frio na mistura com o ar quente passando por eles.

A secagem com forno a lenha é com regulagem manual muito precária (entrada de ar frio por chapa pendular) e apresenta um risco muito alto de sobressecagem, que leva a recomendar o abandono deste equipamento.

Os dispositivos de mistura do algodão com ar quente permitem colocá-lo em contato com o ar de secagem na aspiração inicial ou na saída de várias máquinas. O ponto de mistura é importante em termos de eficiência da secagem e de qualidade da fibra. Uma boa parte da secagem acontece no ponto de mistura pelo deslizamento grande do ar sobre o algodão até ele ter atingido a velocidade do ar. Temperaturas excessivas no ponto de mistura danificam a fibra.

A caixa de ar quente (*Hot-box*) permite combinar aspiração na fita do desmanchador com a secagem. É instalada no ponto de sucção, na extremidade da fita do desmanchador de fardões (Figura 7.16). O ventilador de sucção puxa o algodão que entra na caixa junto com ar quente. Este dispositivo é econômico, pois combina sucção, secagem e separação de pe-

Figura 7.16. *Caixa de ar quente.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

Figura 7.17. *Caixa de sopro.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

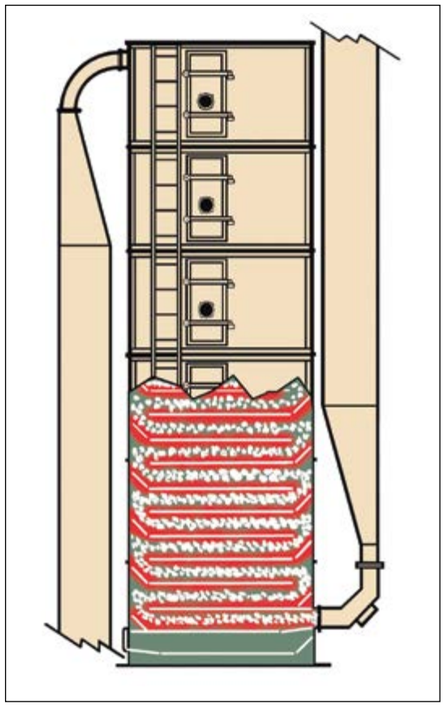


Figura 7.18. *Torre de gavetas.*
(Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

dras. Não precisa de válvula de vácuo para a entrada do algodão no ar quente. O ponto de entrada do algodão na caixa de ar quente é crítico. O desenho, a fabricação e a operação das caixas de ar quente devem limitar ao máximo a entrada de ar frio pela frente, pois isso mata a secagem e obriga a gastar muito mais combustível para conseguir a temperatura de ar de secagem desejada.

A caixa de sopro (Figura 7.17) é utilizada para retomar o algodão na saída de uma máquina, com ar quente soprado ou puxado. Instalada embaixo de uma válvula de vácuo e podendo compor um dispersor para espalhar o algodão, ela é posicionada horizontalmente ou de forma inclinada, longitudinal ou transversal embaixo da torre de regulação, embaixo do extrator da primeira etapa de pré-limpeza ou, mais raramente, no final da esteira do desmanchador. Deve ser bem dimensionada e desenhada, para não gerar embuchamentos e perdas de produtividade.

Os secadores evoluíram muito no decorrer do tempo.

O primeiro secador utilizado em grande escala é o de gavetas, onde o ar quente e o algodão circulam juntos com algum deslizamento, devido às desacelerações do algodão em cada curva.

O secador de gavetas é uma torre de base retangular ou quadrada (132 a 180 cm de lado) e altura máxima de 5 m. Tem 16 a 24 gavetas, com espaçamento pequeno de 20 a 35 cm (Figura 7.18). É cada vez menos utilizado, por ter uma eficiência muito discutível e um alto custo energético. O algodão permanece até 10 segundos na torre, mas a secagem acontece somente nos primeiros segundos, ou seja, nas primeiras gavetas. Depois, o ar esfria muito, por causa da transferência de calor à fibra (convecção) e à grande massa metálica (condução). O ar se satura em umidade e pode até devolver água para a fibra. Sem isolação do secador e das tubulações, só uma proporção baixa (20%) da energia calórica gasta é utilizada para secar a fibra. Alguns modelos têm circulação de ar quente adicional entre as gavetas, para evitar o esfriamento progressivo. As torres de gavetas estreitas geram uma grande resistência ao deslocamento do ar (pressão estática), o que as torna inadaptadas à secagem por sucção e alto volume. Por isso, e com a evolução do conceito da secagem moderna, as torres de gavetas baixas são cada vez menos utilizadas no mundo. Vários outros tipos de torre de secagem mais eficientes estão disponíveis no mercado e sendo utilizados nas algodoeiras recentemente instaladas no Brasil e em algumas usinas antigas modernizadas.

A torre de gavetas altas de alto volume usa espaçamentos maiores entre gavetas (até 69 cm) para aumentar a capacidade e serem utilizadas em sistema de secagem por sucção (Figura 7.19). Trabalham com fluxo de ar médio (a taxa ar/algodão é de 1,6 m^3/kg). Um terço do ar quente de secagem é um ar novo injetado na entrada da torre por um dispositivo que cria turbulências e deslizamento, aproveitado como cata-pedra.

Existem vários modelos de secadores sem gavetas. Sempre utilizam a agitação do algodão no ar quente para combinar abertura e secagem, gerando um deslizamento significativo entre o algodão e o ar.

O mais simples é a torre sem gavetas de tipo fonte (Figura 7.20). O algodão movido pelo ar quente entra pela base e é projetado para cima. Fica flutuando nas turbulências, trocando a água com o ar turbulento, que é continuamente renovado. A eficiência deste tipo de torre é devido ao alto volume de ar e deslizamento gerado pelas turbulências e diferença de velocidade entre o ar e o algodão na saída. A pressão estática gerada pela torre fonte é muito baixa.

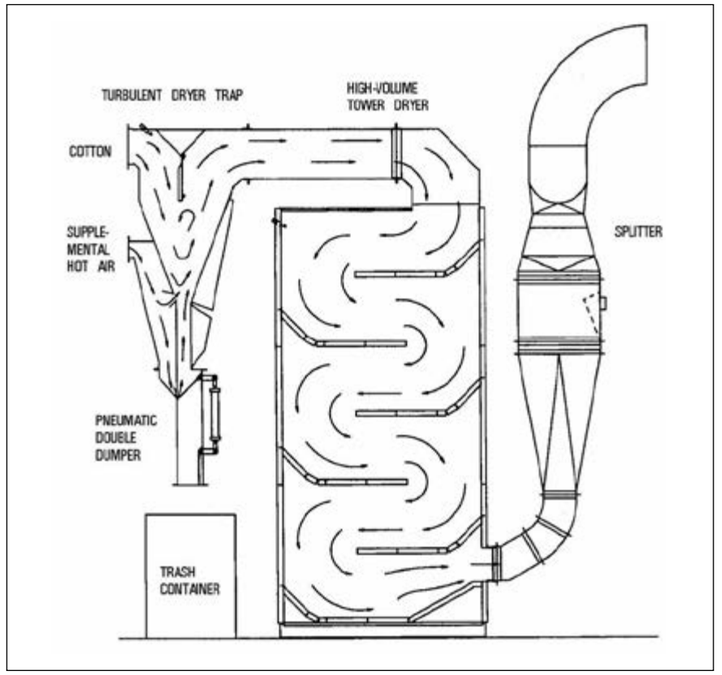


Figura 7.19. *Torre de gavetas de alto volume.*
(Fonte: *Lummus Corp., 2003).*

Um modelo melhorado aumenta o deslizamento do ar no algodão. Utiliza colisão entre um ar quente adicional, injetado do lado oposto à entrada do algodão. Mais colisão acontece entre o ar quente e o algodão dentro da torre.

Estes equipamentos são adaptados à secagem de alto volume por sucção (relação ar/algodão de até 3.1 m^3/kg). Podem utilizar o dispositivo skimmer, permitindo juntar os fluxos de sucção de duas etapas de secagem para disponibilizar mais ar quente em contato com o fluxo de algodão no processo.

No secador de fluxo vertical (Figura 7.21), o algodão viaja de cima para baixo por gravidade e pela corrente de ar quente. O algodão é repartido de maneira homogênea, aberto e dispersado por uma sucessão de cilindros de pinos que gira em cima de uma grade de cantoneiras. A fibra afofa-se e se torna muito acessível ao ar quente. A máquina é bastante eficiente, pois combina vários fatores favoráveis à secagem, tais como grande volume de ar, tempo de contato entre o ar quente e o algodão, alto deslizamento entre o ar e o algodão nas barras

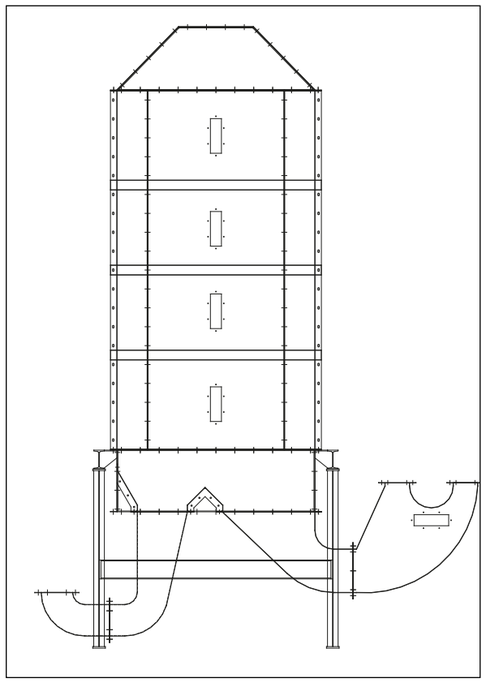


Figura 7.20. *Torre secadora de tipo fonte.*
(Fonte: *BUSA Ltda, 2004).*

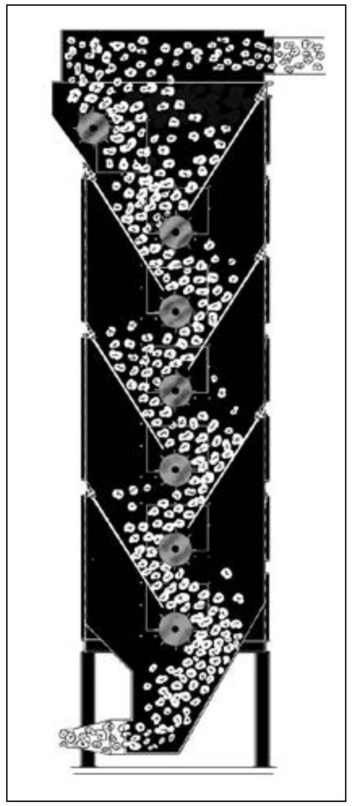


Figura 7.21. *Secador de fluxo vertical.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

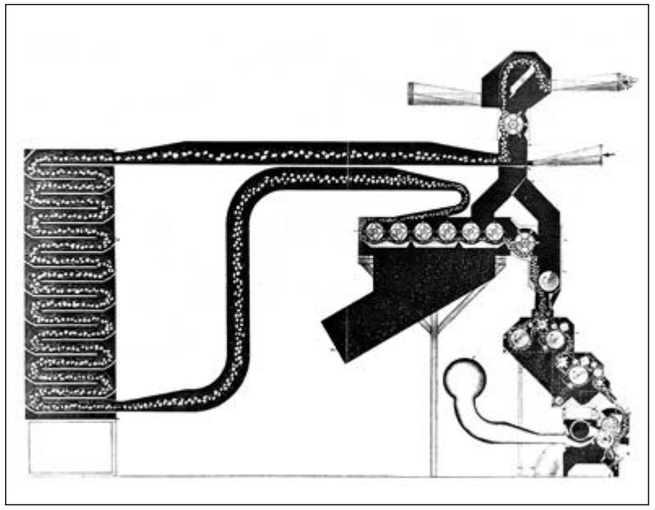


Figura 7.22. *Sistema de secagem típico das usinas antigas.* (Fonte: *USDA, 1964).*

inclinadas, e grande abertura da massa de algodão.

O secador pode constituir um gargalo quando é usado em dispositivos de alto volume ou com fluxos maiores de algodão em caroço (caso do algodão adensado). O dimensionamento do secador é então fundamental para poder atingir os ritmos de beneficiamento desejados.

Os dispositivos de separação do algodão e do ar quente são componentes importantes de um sistema de secagem, pelo deslizamento entre o ar que atravessa a camada de algodão formada neste ponto. Os batedores são os dispositivos mais comuns. Utilizados no sistema de ar quente e trabalhando sempre com sucção nas usinas modernas, são então chamados de batedores de ar quente.

Nas tubulações, pouquíssima secagem acontece, exceto justo após o ponto de mistura. Sendo que as condições de secagem não são as mesmas. Não há turbulências ou deslizamento entre o ar e o algodão que se deslocam com velocidades parecidas. Elas constituem de fato limitações à secagem, pois geram perdas de calor e gasto de energia. As tubulações do sistema de secagem devem ser isoladas termicamente, para conseguir temperaturas de ar suficientes no sistema (em particular, quando há aquecimento com radiador/caldeira). No caso do uso de combustível (gás ou petróleo), a isolamento com lã de vidro ou de rocha gera economia de combustível que pode chegar a 20 ou 30%, dependendo da espessura. O investimento se paga rápido.

O alto volume colocado em contato com o algodão em caroço úmido pode ser obtido em uma etapa com fluxos de ar grandes ou com fluxos menores, em duas etapas sucessivas. Duas etapas são interessantes no caso de pré-limpeza, para evitar a retomada de umidade do ar ambiente e conseguir melhor eficiência da segunda etapa de pré-limpeza. Quando instalada, a segunda etapa de secagem geralmente é sem torre.

Nas usinas de grande capacidade, a secagem eficiente com alto volume pode levar a dividir o fluxo de algodão entre duas linhas de secagem e limpeza.

O típico sistema de secagem nas antigas algodoeiras brasileiras é de tipo ar quente empurrado. Consiste em um aquecedor (forno a lenha, queimador a gás, trocador de calor/caldeira), um ventilador (soprando o ar quente), encanamento, secador do tipo torre de gavetas baixas e limpador de algodão em caroço trabalhando em pressão positiva, e coletor de poeira de tipo charuto. É um sistema desenhado nos EUA, nos anos 1950, pela Murray (Figura 7.22), custoso em energia (sistema independente da sucção e pressão estática alta) e que gera poeira dentro do prédio de beneficiamento (pressão positiva).

Nas algodoeiras modernas, o sistema consiste de um aquecedor (queimador a gás ou trocador de calor/caldeira), uns ventiladores (puxa ou empurra-puxa), encanamento, secador do tipo torre e limpador de algodão em caroço inclinado ou horizontal, que separa o ar úmido do algodão, limpando-o (Figura 7.23). Existe grande variação no *layout* da secagem e quantidade de ar requerida; a duração da exposição à secagem pode variar bastante entre algodoeiras. Em geral é econômico, pois combina sucção e secagem. Uma segunda etapa de secagem pode existir (no caso de algodões muito úmidos, como encontrados no estado de São Paulo). A sujeira separada nos batedores é aspirada pelo ventilador de sucção. Sistemas deste tipo existem em algumas usinas antigas, conforme as recomendações do projeto Ampa/Facual de melhoria das usinas antigas (CHANSELME et al., 2007). Neste caso, utiliza-se um aquecedor, uma caixa de ar quente (*Hot Box*), torre fonte, batedor trabalhando com sucção e ventilador de sucção/secagem (Figura 7.24).

Figura 7.23. *Sistema de secagem de uma usina moderna.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 7.24. *Melhoria da secagem em uma usina antiga.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

2.2.4. Operação e gestão da secagem

A primeira condição para conseguir boas operação e gestão da secagem na algodoeira é dispor de um sistema bem dimensionado. As temperaturas utilizadas devem ser razoáveis (70 a 110° C). Não tem gestão sem medição sistemática.

A secagem deve ser manejada a partir da umidade do algodão em caroço na sucção (fita do desmanchador de fardões), considerando a umidade relativa do ar. A primeira operação a ser providenciada é a medição da umidade do algodão. A medição manual (umidímetros) é possível e mais fácil na fita do desmanchador de fardão, onde o algodão é descompactado e parcialmente mexido. Um capítulo dedicado aos medidores de umidade apresenta detalhes sobre os equipamentos e sua utilização. A medição manual é lenta, pontual, pouca repetitiva e mobiliza mão-de-obra. Não permite detectar variações repentinas de umidade, no caso de núcleos de umidade no fardão e nem permite ajustar a temperatura frequentemente, para responder às variações de umidade na matéria-prima. Usualmente, temperaturas exageradas chegam a ser utilizadas para se proteger dos embuchamentos, por causa da presença de algodão muito úmido, e a secagem resulta em desperdício de energia e perda de produtividade no descaroçador. O risco de sobressecar a fibra é grande, também pela irregularidade de fluxo de matéria.

Quando não é possível investir num controle automático da secagem, a gestão manual deve apoiar-se sobre uma planilha que indica a temperatura do ar a ser mantida no ponto de mistura ar quente/algodão, em função da umidade média do algodão e da umidade relativa do ar. A planilha, própria de cada usina, deve ser construída aos poucos e com o tempo, anotando as temperaturas que permitem conseguir uma umidade do algodão em caroço seco de 4 à 5%, nas várias condições de umidade do algodão e do ar encontradas na algodoeira.

Nas usinas antigas, onde não existe regulação automática, um sensor de temperatura deve ser instalado justo antes do ponto de mistura para controlar a temperatura do ar quente antes da mistura. Sensores instalados no meio ou embaixo da torre não detectam variações de temperaturas no ponto de mistura. No mínimo, o display deve ser instalado no painel de controle para ser permanentemente visível pelo operador.

A automação da secagem resulta em economias de energia consideráveis, pelo ajuste do consumo de combustível do aquecedor para a quantidade realmente necessária e pela redução das chamas do aquecedor quando não há algodão no sistema. O risco de sobressecagem e de perdas de produtividade é consideravelmente reduzido. Nas unidades modernas de alta capacidade, o ritmo do beneficiamento é rápido e não permite que os operadores examinem manualmente cada carga de algodão e ajustem o sistema de secagem. A medição automática da umidade do algodão por sensores ajudando a tomada de decisão é o mínimo que se faz. O controle automático da secagem é melhor ainda, pois permite ajustar a temperatura do ar em tempo real. No caso da secagem utilizando vapor de caldeira, o ajuste automático da temperatura de ar deve ser feito pela quantidade de ar frio misturada com ar quente e o trocador de calor deve permanecer com temperatura constante.

Muitos sistemas de regulação automática são baseados somente nas medições de temperaturas do ar de secagem. Neste caso, é preciso que haja dois sensores: o primeiro, instalado antes do ponto de mistura, serve para limitar a temperatura; já o segundo permite a regulação da temperatura do ar em função da umidade e quantidade do algodão no sistema. Deve estar localizado o mais próximo possível do ponto de mistura, num lugar onde a velocidade do ar é alta, mas não seja batido pelo algodão em caroço. Em geral, o segundo sensor é instalado na entrada da torre.

Figura 7.25. *Sensor de umidade na esteira do desmanchador.* (Foto: *Cotimes, 2006).*

Os sistemas de secagem mais avançados integram, na regulação automática, a medição contínua da umidade do algodão através de um sensor instalado embaixo da torre de regulação, ou na esteira do desmanchador (Figura 7.25).

2.3. A umidificação do algodão em caroço

2.3.1. Justificativa e princípio

A fibra de algodão tem, na sua base ou pé, uma porção fina, onde ocorre normalmente o rompimento quando a força de separação da fibra e do caroço é aplicada, porém o tratamento mecânico no descaroçador exerce forças que podem provocar um rompimento em outro lugar, reduzindo assim o comprimento da fibra separada e criando fibras curtas. A força

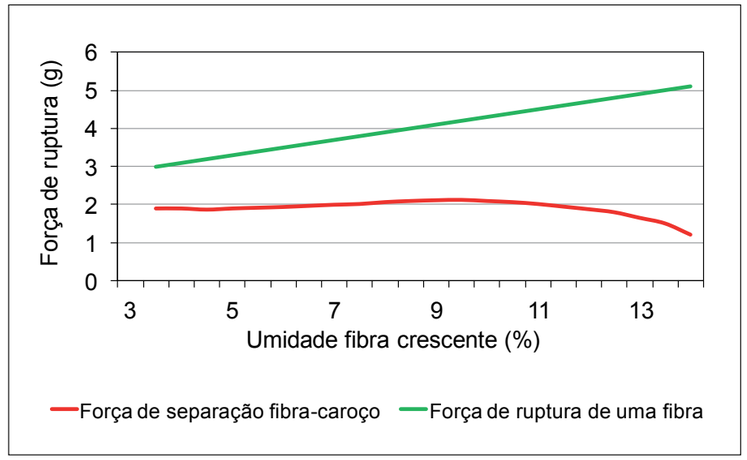


Figura 7.26. *Umidade da fibra e ruptura.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

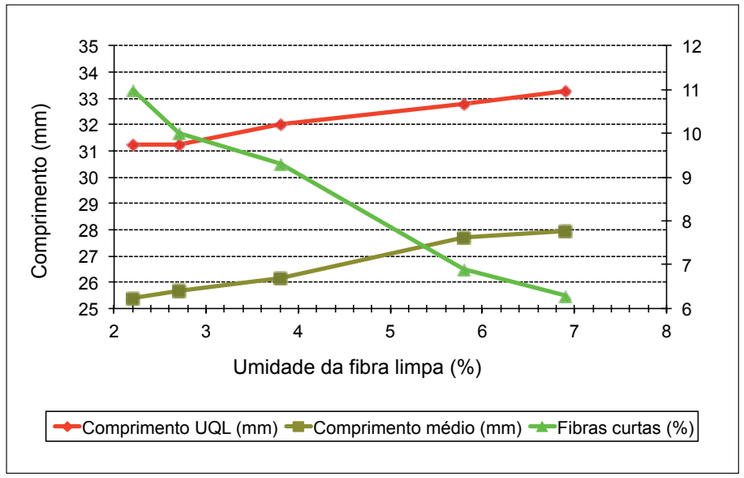


Figura 7.27. *Umidade da fibra e comprimento.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

necessária para romper a fibra em qualquer lugar fora do seu pé aumenta com a umidade (Figura 7.26). Pode-se simplesmente dizer que a umidade protege o comprimento da fibra, reduzindo o risco de rompê-la.

Para proteger a fibra nos descaroçadores e limpadores de pluma, conseguir comprimento e reduzir a taxa de fibras curtas, é interessante ter a umidade mais alta possível (Figura 7.27). Reduzindo a umidade da fibra de 7.4 para 3.4%, o comprimento comercial baixa em quase 1.5 mm e a taxa de fibras curtas passa de 4.6 para 8.7%.

No Brasil, uma grande parte da produção de algodão é colhida durante períodos de baixa umidade e chega na algodoeira com uma umidade de fibra de 3 a 5%. A fibra corretamente seca para ser limpa na pré-limpeza também chega ao descaroçador com umidade de cerca de 5%. São umidades baixas, muito insuficientes ao entrar no descaroçador, que resultam em perdas de comprimento comercial, uniformidade, aumento da taxa de fibras curtas e impacto comercial a curto ou médio prazo. Além da preservação da qualidade de fibra, a umidificação do algodão em caroço permite aumentar a produtividade no descaroçador.

O mercado valoriza pouco as características de comprimento do algodão brasileiro, ao contrário de outras origens. Isso pode explicar a falta de motivação e conscientização para umidificar o algodão em caroço no Brasil. Uma remuneração do comprimento pelo mercado favoreceria a proteção da fibra no beneficiamento, assim como a qualidade e a produtividade da indústria têxtil.

2.3.2. Normas e dimensionamento

A umidade de fibra fraca é desfavorável à produtividade e à qualidade, bem como a umidade em excesso, que reduz o tipo (encarneiramentos) e a produtividade (embuchamentos). A taxa de umidade da fibra na entrada do descaroçador deve então ser controlada. A taxa deve ser mantida numa faixa de 6.5 a 8%.

2.3.3. Equipamentos

A técnica recomendada é de colocar um ar quente e úmido em contato com o algodão. O ar é aquecido para conseguir carregar água e gerar uma pressão de vapor de água alta, a fim de fazer com que a água migre para a fibra. A isolação térmica das tubulações é importante para a economia de energia, eficiência, e também para reduzir a condensação. Como na secagem, grandes diferenças nas velocidades do ar e do algodão são importantes.

Figura 7.28. *Caixa de umidificação do algodão em caroço (aspecto exterior e interior).* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009-2010).*

Para umidificar, é preciso um gerador de ar úmido e um dispositivo de aplicação. Os sistemas modernos de umidificação do algodão em caroço disponíveis comercialmente utilizam geradores de ar úmido, que combinam aquecimento do ar por queimador a gás e aquecimento e pulverização de água. O combustível utilizado é o gás ou o querosene, para tempo de reação curto e automação. O ar quente e de umidade relativa alta é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, numa caixa instalada entre a rosca distribuidora e os alimentadores de descaroçadores. A umidificação é eficiente, por causa da relativa compactação do algodão e o famoso deslizamento criado pela grande diferença de velocidade entre o ar e o algodão. Caixas especiais devem ser instaladas, com dispositivo de fechamento automático do cano de ar úmido quando parar o descaroçador, a fim de evitar umidificação em excesso (Figura 7.28).

Outras técnicas de umidificação do algodão em caroço devem ser desconsideradas, tais como aspersão de água diretamente sobre o algodão na rosca distribuidora ou com injeção de ar úmido ou vapor no alimentador de descaroçador, pois apresentam muitas desvantagens dependendo da técnica, tais como umidificação de superfície, grande heterogeneidade de umidade, risco de molhamento do algodão e degradação de componentes das máquinas. Um ponto comum dessas técnicas é a perda de produtividade e a ineficiência em proteger a fibra.

2.3.4. Operação e gestão

Os operadores da algodoeira devem monitorar a umidificação da fibra na entrada dos descaroçadores. Devido ao impacto da umidificação do algodão em caroço sobre a produtividade do descaroçador e a qualidade da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por isso, é indispensável um controle sistemático da umidade na saída de cada alimentador (por exemplo, a cada 15 minutos). O controle manual é possível utilizando um umidímetro de algodão portátil (Figura 7.29). É custoso em mão-de-obra, mas é muito melhor do que nenhum controle. Os valores médios de umidade dos vários alimentadores devem ser comparados para garantir o equilíbrio

Figura 7.29. *Controle manual da umidade do algodão em caroço nos alimentadores.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

e a homogeneidade de qualidade da fibra entre as diferentes linhas de beneficiamento. Em caso de desvio recorrente com relação ao nível desejado (6.5 a 8%), providências imediatas devem ser tomadas para corrigir a umidificação e voltar aos níveis procurados.

A automação da umidificação do algodão ainda é um desafio técnico para os fabricantes especializados que não conseguem aproveitar, para esta função, os sensores atualmente disponíveis.

2.4. Umidificação da fibra na prensagem

2.4.1. Justificativa e princípio

A umidificação da fibra é favorecida pela umidificação do algodão em caroço. Os objetivos da umidificação da fibra antes da prensagem são de facilitá-la, e aumentar o peso dos fardos e o rendimento de fibra dentro das normas admissíveis. A fibra úmida é mais fácil de prensar. A diminuição da pressão hidráulica necessária para a prensagem tem vários efeitos positivos:

- Redução do tempo de prensagem: a capacidade da prensa aumenta, assim como a produtividade da usina. É uma vantagem determinante quando a prensa constitui um gargalo na usina;
- Redução da solicitação mecânica da prensa e do custo de manutenção: a redução das paradas resulta numa melhor produtividade do processo;
- Redução dos picos de corrente, com solicitação menor dos geradores e menos perturbações na rede elétrica da usina;
- Melhor funcionamento e qualidade da aramação, com menos quebras de arames;
- Redução do custo das embalagens e transporte por tonelada de fibra, pelo peso maior dos fardos.

O ganho de peso dos fardos é muito significativo e, junto com as economias na prensagem, justifica amplamente o investimento que é pago, em geral, em menos de uma safra. A título de exemplo e considerando somente o aumento de peso, com um ganho de umidade de 2 pontos e um valor da fibra base Cotlook Índice A de R$ 2,60 por quilo, o lucro adicional é de R$ 10,40 por fardo de 200 kg, ou seja, R$ 520.000 para uma safra de 50.000 fardos, produção média de uma usina antiga de 2 conjuntos.

A umidificação da fibra na prensagem apresenta vantagens para a fiação, tais como abertura dos fardos com altura uniforme e umidificação posterior facilitada, para menos quebras no decorrer do processo e aspecto melhor do fio.

2.4.2. Normas e dimensionamento

O interesse do produtor é de ter as umidades de fardos mais altas possíveis para vender água ao preço da fibra. O interesse da indústria têxtil é de comprar uma fibra com taxa de umidade suficiente para ajudar na fabricação, sem gastar muito comprando água ao preço da fibra. As normas internacionais autorizam uma umidade da fibra no fardo de até 8%.

2.4.3. Equipamentos

Para conseguir todos esses efeitos positivos, é imprescindível conseguir uma umidificação uniforme e regularmente repartida na espessura e área da manta de fibra que entra na prensa. Os sistemas que respondem a estes critérios funcionam com ar úmido. Como no caso da umidificação do algodão em caroço, utilizam geradores de ar úmido que combinam o aquecimento do ar e a pulverização de água. O combustível utilizado é o gás ou o querosene. O ar quente e saturado em umidade é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, num dispositivo de aplicação locado entre o condensador geral e a prensa, ou no próprio condensador. A umidade da fibra aumenta de 2 a 4 pontos, dependendo do dispositivo:

- O dispositivo mais simples é a bica coberta com fundo perfurado (escamas): a manta de fibra é atravessada pela corrente de ar quente. A diferença de velocidade entre a fibra e o ar úmido é grande, permitindo uma umidificação significativa em toda a espessura da manta (Figura 7.30);

Figura 7.30. *Umidificação pelo fundo da bica.* (Foto: *Cotimes Afrique 2011).*

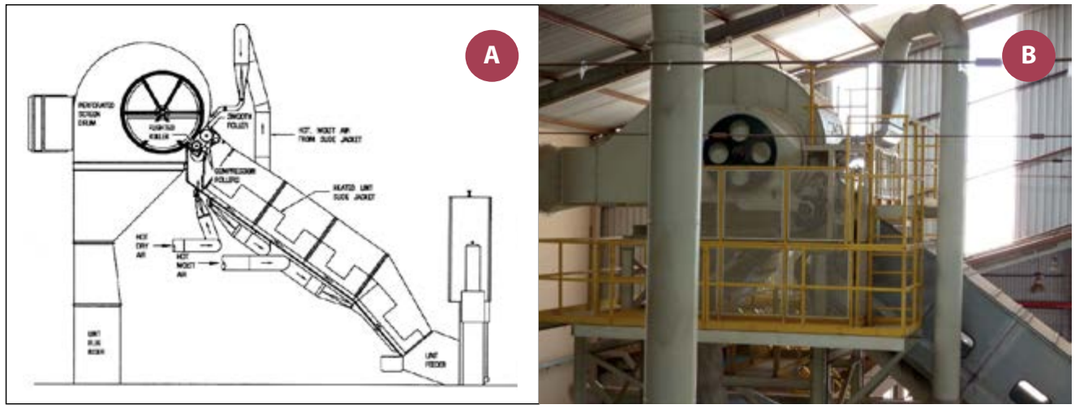


Figura 7.31. *Condensador umidificador (MCC da Lummus).* A: (Fonte: *Lummus Corp. 2004*) B: (Foto: *Cotimes, 2005*).

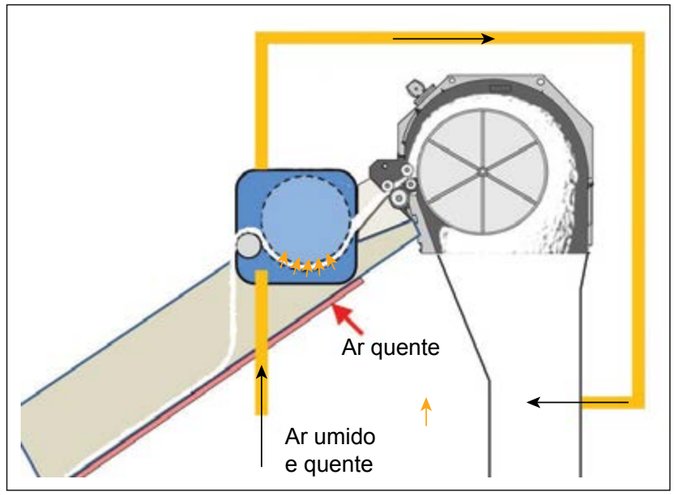


Figura 7.32. *Dispositivo Steam-Roller inserido na bica.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

- Condensador geral umidificador: uma única máquina prepara a manta e a umidifica (Figura 7.31);
- Caixa de umidificação inserida na bica: a passagem do ar úmido numa manta comprimida aumenta a troca de vapor de água entre o ar quente e a fibra. A umidificação é muito eficiente, chegando a até 3.5 ou 4 pontos, segundo o fabricante (Figura 7.32).

Uma técnica de umidificação muito comum no Brasil, de investimento baixo e operação barata, consiste em jogar água em cima da manta de fibra que desliza na bica. A água é pulverizada por um conjunto de bicos. O sistema permite aumentar um pouco o peso dos fardinhos, mas apresenta numerosos inconvenientes:

Ele molha a fibra ao invés de umidificar. Neste caso, os efeitos positivos sobre a prensagem não existem;

A repartição da água na massa de fibra é muito heterogênea. O deslizamento da manta não ocorre em velocidade constante. A água fica em excesso na superfície da manta, não atingindo as fibras mais profundas;

Uma falta de regulagem ou uma falha do sistema de desligar a aspersão durante o giro da prensa pode chegar a molhar muito a fibra, provocando embuchamentos e perdas de produtividade junto com a perda dos fardos por degradação da fibra (Figura 7.33).

Com a disponibilização das caldeiras, a umidificação na bica com vapor está sendo mais comum. O sistema pode funcionar na condição de prevenir a condensação providenciando ar quente para o aquecimento das partes em contato e o seu isolamento térmico. Algumas usinas, combinando ar quente úmido (produzido por umidificador a gás) e vapor, conseguem aumentar a taxa de umidade de fardos em até 3 pontos ou mais.

Figura 7.33. *Fardo molhado por aspersão.* (Foto: *Cotimes, 2006).*

2.4.4. Operação e gestão

Os operadores da algodoeira devem monitorar a umidificação da fibra antes da prensagem. Devido ao impacto financeiro da umidificação da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por isso, um controle da umidade fardo por fardo é indispensável. O controle manual é possível utilizando um umidímetro de algodão portátil (Figura 7.34) para fazer 3 medições por fardo. O valor médio de cada fardo deve ser anotado na ficha de produção. Em caso de desvio com relação ao nível desejado (7.5 a 8%), providências devem ser tomadas imediatamente, para corrigir a umidificação e voltar aos níveis procurados.

A automação da umidificação da fibra é tecnicamente disponível e comercializada. A regulação do gerador de umidade e de ar quente é baseada num sensor de umidade do fardo. Sensores são normalmente posicionados na prensa (no compartimento de pré-compressão da fibra) ou na saída do fardo (sensor scanner a micro-ondas).

Figura 7.34. *Controle manual da umidade da fibra no fardo.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

O sinal do sensor é utilizado pelo controlador lógico (CLP), para atuar sobre a produção de ar úmido. É possível efetuar uma medição indireta da umidade do fardo, combinando dados de peso, de força de prensagem e de altura do fardo na compressão final.

A fibra prensada em fardo vai seguir trocando umidade com o ar ambiente. O peso aumenta ou diminui, dependendo se o fardo absorve ou perde umidade. A rapidez da troca de umidade é influenciada pela umidade inicial do fardo e a umidade do ar ambiente, a densidade do fardo e o tipo de embalagem. Quanto maior a densidade, mais lenta é a troca. Embalagens de tecido polipropileno ou algodão permitem uma troca bastante rápida, como, por exemplo, um ganho de peso de 4 a 6 kg para um fardo de 200 kg de fibra, inicialmente com 4.5% de umidade e armazenada durante mais de 60 dias (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

No Brasil, nas regiões de clima muito seco, pratica-se a umidificação por aspersão nos prédios de armazenagem de fardos. É uma prática interessante para manter ou aumentar a umidade e o peso dos fardos durante o período de armazenamento. Devido à lentidão relativa da troca de umidade neste caso (fibra prensada e fardos empilhados), esta prática não elimina o interesse pela umidificação da fibra antes da prensagem, em função de suas numerosas vantagens.

3. Limpeza do algodão em caroço

O algodão em caroço sempre contém matérias estranhas incorporadas durante a colheita, sobretudo quando esta é mecânica: maçãs, cascas, caules, pecíolos, folhas verdes ou secas, gravetos, areia, poeiras.

A limpeza é feita antes do descaroçamento (pré-limpeza ou limpeza do algodão em caroço) e depois (limpeza da fibra). A operação de descaroçamento tem como efeito fracionar as matérias estranhas. Quanto menor o tamanho dos contaminantes, mais é difícil separá-los, por isso é preferível tirar o máximo deles antes de chegar ao descaroçador. Este é o objetivo principal da limpeza do algodão em caroço, que também ajuda a proteger os descaroçadores e os limpadores de pluma.

A limpeza do algodão em caroço também tem como objetivo abrir e homogeneizar a matéria, extraindo dela o máximo de substâncias estranhas antes da sua entrada no descaroçador. Estes dois aspectos são fundamentais para a produtividade, a qualidade e o valor comercial do algodão. A sequência de pré-limpeza deve ser desenhada em função do tipo e da quantidade de matérias estranhas, que depende em grande parte do método de colheita utilizado[2].

Para efetuar a limpeza, utilizam-se diferentes tipos de equipamentos, que se distinguem como os limpadores de cilindros (batedores), destinados a retirar os pequenos resíduos (fragmentos de folhas, areia, etc.), e os extratores, que extraem os resíduos mais grosseiros (caules, casquinhas, etc.).

[2] - Sobre colheita, ver o Capítulo 3 deste Manual.

3.1. Os limpadores de cilindros

O limpador de algodão em caroço comporta rolos com pinos de 25 a 75 mm, que rodam por cima de uma grelha côncava de barras (Figura 7.35). A máquina mais comum é o batedor inclinado. Antes de tudo, ele permite abrir, espalhar e esponjar o algodão em caroço. Ao mesmo tempo, a limpeza ocorre por agitação e fricção, que são mais eficazes quanto mais o algodão em caroço estiver seco. A sujeira fina, separada ao nível da grelha, cai por gravidade e é levada pela corrente de ar.

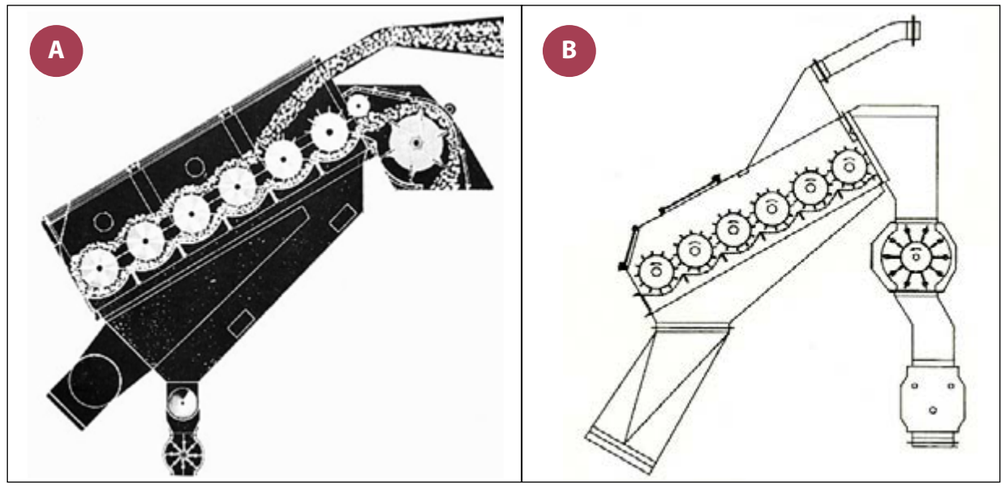


Figura 7.35. *O limpador de cilindros de algodão em caroço.*
A: (Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]*). *B:* (Fonte: *Lummus Corp., 2007).*

Os limpadores podem variar conforme o número e o tipo de rolos de pinos, de grelha e o modo de alimentação. As máquinas têm de quatro a nove rolos. Os rolos côncavos, no caso das máquinas antigas (Figura 7.36), têm eficiência reduzida por causa do número fraco de pinos (4 fileiras) e pelo grande comprimento dos pinos (75 mm). As máquinas modernas têm rolos redondos (Figura 7.37) e pinos menores (25 a 50 mm), aumentando a agitação e a abertura da matéria. O número de filas (6 a 12) e de pinos por fila é variável. As grelhas mais comuns são de barras redon-

Figura 7.36. *Rolos côncavos.*
(Foto: *Cotimes, 2007).*

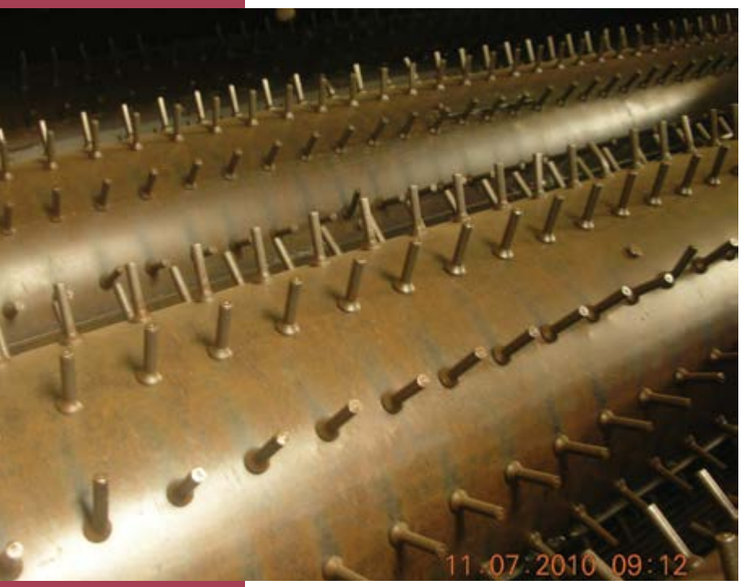


Figura 7.37. *Rolos redondos.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

Figura 7.38. *Grelhas de barras redondas.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

das (Figura 7.38) ou quadradas (Figura 7.39), em geral com diâmetro de 9,5 mm, espaçadas de 6,4 a 9,5 mm. No caso das máquinas Trashmaster, da Lummus, e Premium Cleaner, da Busa, a grelha é mais aberta, permitindo a separação da sujeira grossa. Batedores com tela no lugar da grelha são raros no Brasil. A tela se tranca muito facilmente com casquinhas e caules. Tal batedor só pode ser utilizado na última posição da sequência. No caso do Impact Cleaner, da Continental ou da Candeloro (Figura 7.40), a grelha é substituída por cilindros de discos em rotação. Isso gera uma agitação e uma projeção muito forte do algodão entre os cilindros de pinos e os discos, o que ajuda a extrair a sujeira muito fina.

A alimentação dos batedores se dá por gravidade ou com ar quente empurrado, nas usinas antigas, e por gravidade ou por sucção, nas usinas modernas. Batedores horizontais em linha inseridos entre o secador e o primeiro batedor inclinado se tornam frequentes no Brasil, nas usinas modernas da Lummus e da Busa (Figura 7.41).

Os batedores que funcionam por sucção e com ar quente são os mais eficientes. Nos sistemas de secagem, os batedores ajudam muito, por causa da abertura e da agitação do algodão no ar quente. Os batedores que funcionam com ar empurrado nos processos antigos são pouco eficientes, por conta do desenho

dos rolos e pelas turbulências existentes dentro da máquina. Eles geram muita poeira no prédio de beneficiamento. Todos os batedores devem ter uma boa vedação, para evitar perdas de eficiência nos circuitos de sucção e emissão de poeira quando funcionam com pressão positiva.

As regulagens padrão variam pouco entre as diferentes máquinas do mercado, com velocidades de rotação dos cilindros de pinos de 450 a 500 RPM e espaçamento entre pinos e grelha de 12 a 16 mm, em toda a largura da máquina.

A capacidade máxima de funcionamento é limitada ao equivalente a 2,5 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. As máquinas existem em larguras de 183, 244, 305 e 366 cm, ou seja, com capacidades máximas de 15, 20, 25 e 30 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. Nas usinas antigas, os batedores de 183 cm (72") são corretamente dimensionados. Para maiores capacidades, dois limpadores podem ser instalados paralelamente, com cada máquina tratando a metade do algodão em caroço (fluxo dividido). Especificações dos limpadores de cilindros disponíveis comercialmente são dadas na Tabela 7.1.

O batedor retira de 50% até 55% dos pequenos resíduos (folhas, fragmentos vegetais, poeiras e areia), e de 10% a 40% dos resíduos totais. Ele é essen-

Figura 7.39. *Barras quadradas.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

Figura 7.40. *Discos do Impact Cleaner.* (Foto: *Continental Eagle Corp., [20--]).*

Figura 7.41. *Batedor horizontal em linha.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

cial para melhorar o tipo, dada sua ação direta e seu efeito, que beneficia etapas posteriores do processo. Um batedor é indispensável na posição 1. Um segundo batedor é indispensável para as colheitas mecânicas, sobretudo se seu modo de ação é diferente e complementar.

Tabela 7.1. *Características dos batedores utilizados no Brasil.*

Fabricante	Nome Comercial	Larguras disponíveis (pol./cm)	Número de rolos batedores	Tipo de rolos batedores	Número de fileiras de pinos	Distância pinos/grelha (mm)	RPM	Motor (CV)
Busa Ltda	Batedor Horizontal	120/305	8	cilíndrico ou chapa dobrada	4 ou 6	14 a 16	450	30
	Combo	120/305	6 até 16	cilíndrico ou chapa dobrada	4 ou 6	14 a 16	450	30 a 60
	Batedor Inclinado	72/183 e 120/305	7	cilíndrico ou chapa dobrada	4 ou 6	14 a 16	450	20/30
	Premium Cleaner	120/305	5	cilíndrico	6	14 a 16	450	40
	CD 12	48/122 e 96/244	2 ou 4	com paletas	/	/	290	15 a 30
Continental Eagle Corp.	limpador inclinado	72/183, 96/244 e 120/305	6	cilíndrico	12	16	516	10/15
	batedor de impacto	72/183, 96/244 e 120/305	5	cilíndrico	12	/	600 - 686	10/20
Lummus Corp.	Limpador Horizontal	96/244 e 144/366	15	cilíndrico	12	nc	570	nc
	Limpador Inclinado de ar quente	96/244 e 144/366	6	cilíndrico	12	13	465	15/20
	Trashmaster	96/244 e 144/366	6	cilíndrico	12	13	465	20/30
PS Cotton	batedor inclinado	72/183, 96/244 e 120/305	6	cilíndrico	nc	nc	nc	nc
Candeloro	Batedor Inclinado	72/183 e 96/244	7	cilíndrico	8	13 a 19	410 - 450	20/30
	Batedor de impacto	72/183 e 96/244	5	cilíndrico	12	15	660	?
Murray/Piratininga	batedor inclinado	72/183 e 96/244	5 a 7	poligonal	4	16	450	20/30
RV	batedor inclinado	72/183	7	nc	nc	nc	nc	nc

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011*.

3.2. Os extratores de algodão em caroço

3.2.1. Máquina de casquinha (*Bur Machine*)

A máquina de casquinha foi desenvolvida nos anos 1920, nos EUA, para separar a grande quantidade de casquinha resultante da colheita manual de capulho inteiro ou com colheitadeira *Stripper*. Por sua baixa eficiência operacional e baixa capacidade de remoção de talos, esta máquina tem sido largamente substituída nas usinas modernas dos Estados Unidos por outros extratores mais eficientes. É muito raramente encontrada nas usinas brasileiras modernas e nunca nas antigas.

A máquina, alimentada por um lado, utiliza um sistema de separação mecânica. O algodão em caroço preso por um cilindro de serrilhas de grande diâmetro passa embaixo de um cilindro de palhetas (arrancador), que desgruda as casquinhas e talos (Figura 7.42). O material assim separado é levado para um lado da máquina e é movido de volta ao longo de toda a extensão do cilindro de serras, para que o algodão em caroço possa ser recuperado dos resíduos a serem descartados. Partículas pequenas e poeira caem, através de uma tela, em um compartimento localizado embaixo da esteira dentada.

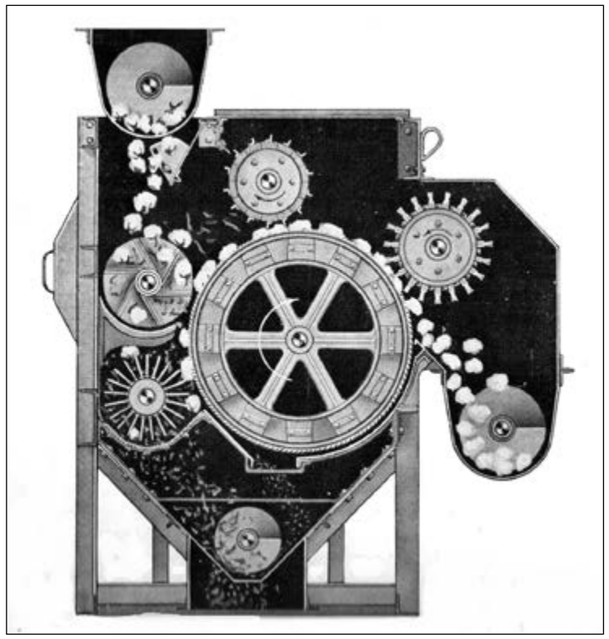


Figura 7.42. *Bur Machine Murray.*
(Fonte: *Pilette, 1959).*

O cilindro de serrilhas tem, aproximadamente, 75 cm de diâmetro e opera a uma velocidade de 110-140 RPM. O rolo arrancador tem, mais ou menos, 30 cm de diâmetro e opera a taxas de velocidade de 4 para 1 com o cilindro de serras. As velocidades de operação do rolo transportador de entrada e escova rotatória de saída são, aproximadamente, iguais à do rolo arrancador. Os fabricantes de maquinário de beneficiamento não apresentam mais a máquina de casquinha como produto padrão.

3.2.2. O extrator de algodão em caroço (*Stick Machine*)

O extrator de algodão em caroço comporta rolos dentados (segmentos dentados, serrilhas, serras canais) que rodam a uma velocidade alta em frente das grades de barras (Figura 7.43). A máquina é dedicada a separar a sujeira grossa (caules e casquinhas), e é chamada de *Stick Machine* (máquina de talos), nos Estados Unidos. A limpeza do algodão em caroço, aplicado sobre os rolos dentados por meio de escovas estáticas, ocorre por centrifugação e batimento sobre as barras, posicionadas de maneira precisa para ajudar a controlar as perdas de algodão e extrair as casquinhas e caules. Para conseguir eficiência, o extrator deve ser alimentado por um batedor, para receber um

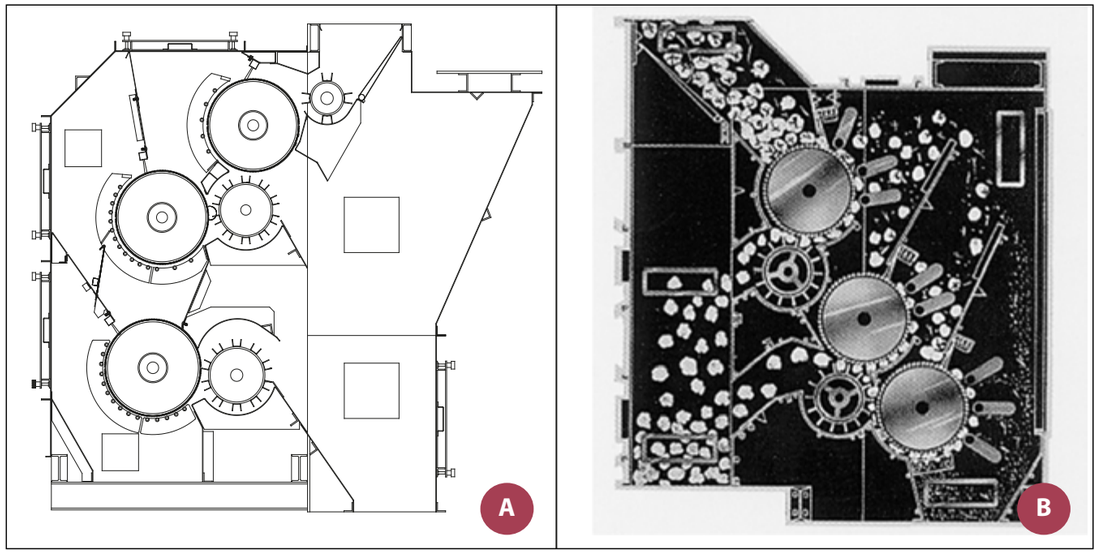


Figura 7.43. *O extrator de algodão em caroço. A:* (Fonte: *Busa Ltda, 2004) B:* (Fonte: *Continental Eagle Corp., 1997).*

Figura 7.44. *Grade de barras.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

algodão aberto e espalhado. A máquina geralmente é alimentada por gravidade e pode ser desviada.

Os extratores podem variar muito, conforme o número de cilindros de serrilhas e velocidades, o tipo de grade e o dispositivo de limpeza dos dentes de serrilhas. Ele comporta 1 a 2 cilindros extratores de serrilhas e um cilindro de serrilhas de recuperação do algodão em caroço (que cai dos cilindros anteriores com a sujeira) e rodando com velocidade inferior, para evitar perdas definitivas. A grade do cilindro extrator 1 é completa, nas máquinas modernas (Figura 7.44), ou composta de 2 ou 3 barras independentes quadradas, redondas ou de cantoneiras, nas máquinas de tipo antigo, H.L.S.T. ou cópias (Figura 7.45). O dispositivo rotativo de limpeza dos dentes de cilindros extratores e recuperador pode utilizar canaletas ou escovas (Figura 7.46). Existe um extrator de 5 cilindros de serrilhas de grande eficiência e adaptado ao algodão colhido com *Stripper*, indisponível comercialmente.

O nome HL – usado no Brasil para designar o extrator instalado nos processos antigos – vem de H.L.S.T., um extrator de 3 cilindros introduzido no Brasil pela Murray/Piratininga. As máquinas modernas têm outros nomes, dependendo dos construtores.

As regulagens padrão variam pouco entre as diferentes máquinas do mercado, com espaçamento de 13 mm entre dentes de serrilhas e barras de batida para os dois primeiros cilindros, e de 19 mm para o cilindro recuperador da máquina H.L.S.T. As escovas fixas devem tocar no fundo das serrilhas. As cerdas das escovas giratórias devem penetrar as serrilhas, na profundidade dos dentes. O desempenho da máquina e as perdas de algodão em caroço são condicionados pela afiação dos dentes de serrilhas.

A capacidade máxima de funcionamento é limitada ao equivalente de 2 à 2.5 fardos de 227 kg/h/30 cm de largura. As máquinas existem em larguras de 183, 244, 305 e 366 cm, ou seja, capacidades máximas de 12, 16, 20 e 24 fardos de 227 kg de fibra por hora, respectivamente. Nas usinas antigas, os extratores de 183 cm (72") são corretamente dimensionados para 1 conjunto de 6 descaroçadores de 90 serras. Para maiores capacidades, dois extratores podem ser instalados paralelamente, com cada máquina tratando a metade do algodão em caroço (fluxo dividido). Especificações dos extratores disponíveis comercialmente são dadas na Tabela 7.2.

Figura 7.45. *Barras quadradas.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

Figura 7.46. *Escovas giratórias.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Tabela 7.2. *Características dos extratores utilizados no Brasil.*

Fabricante	Nome (modelo)	Larguras disponíveis (pol./cm)	Número de rolos de serrilhas	Número de barras rolo 1	Tipos de barras rolo 1	RPM rolos extratores	RPM rolo recuperador	Motor (HP)
Busa Ltda	Limpador Extrator HLST	72/183 e 120/305	3	6	grade de 1 barra chata e barras redondas	400 e 215	215	15/25
	Limpador Extrator HLST	72/183 e 120/305	2	6	grade de 1 barra chata e barras redondas	405	205	15/20
Continental Eagle Corp.	Super III Stick Machine	96/244 e 120/305	3	3	redondas	362	362	20/25
	Stripper Cleaner	96/244 e 120/305	1	2	redondas	122	-	nc
Lummus Corp.	Little Giant SM	96/244 e 144/366	2	4	grade de barras redondas	325	285	15/20
	S&GH	96/244 e 144/366	1 + 2	2	Chapas dobradas	355 e 365	365	30/40
PS Cotton	Limpador tipo HLST	72/183, 96/244 e 120/305	3	nc	grade de barras redondas	nc	nc	20/30
Candeloro	Extrator tipo HLST	72/183 e 96/244	3	3	quadradas/cantoneiras	330/350	285/300	15/20
Murray/Piratininga	HLST Super	72/183 e 96/244	3	2	quadradas/cantoneiras	330	264	15/20
	HLST Compacto	72/183 e 96/244	2	2	1 barra quadrada e 4 barras redondas	330	264	10/15
RV	Extrator	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011*.

O extrator retira mais de 50% dos resíduos maiores. Ele é indispensável para o algodão em caroço de colheita mecânica. Ele retira 20% a 50% dos resíduos totais (colheita com fusos). Sua eficácia só poderá ser máxima se os dentes das serrilhas estiverem bem afiados, se a aplicação das escovas fixas for boa e se as barras de batida estiverem em bom estado e com a distância normal das serrilhas.

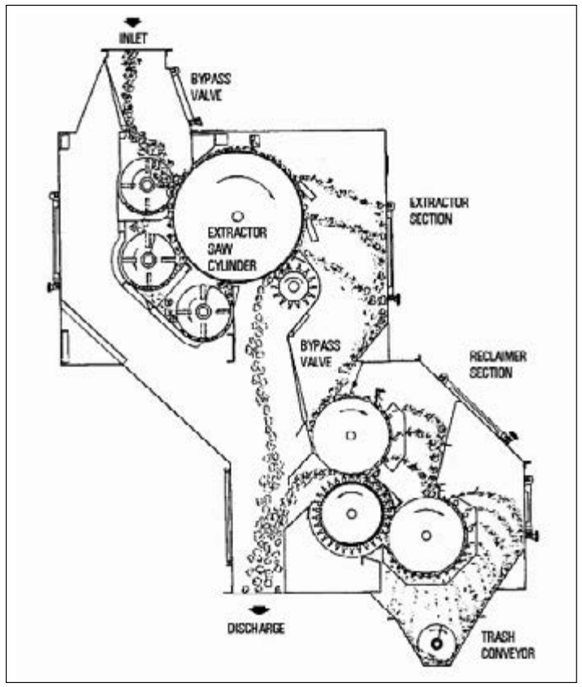


Figura 7.47. *Máquina S&GH.* (Fonte: *Lummus Corp., 2007).*

3.2.3. Combinações de máquinas de casquinha e de talos (*Bur e Stick Machines*)

No caso do algodão colhido com máquina *Stripper*, a grande quantidade de resíduos grossos de tipo casquinha e caules necessita de uma limpeza adequada e eficiente. Foram desenvolvidas máquinas específicas combinando as características respectivas das máquinas Bur e dos extratores, e instaladas como primeiro estágio de pré-limpeza. Hoje, algumas máquinas são disponibilizadas pelos construtores americanos (S&GH da Lummus, Stripper – Super III da Continental), com a parte da máquina de casquinha instalada em cima do extrator (Figura 7.47). Para combinar com o extrator, o desenho da máquina de casquinhas foi alterado para conseguir uma capacidade maior com largura reduzida, mas sempre usa um cilindro de serrilhas grande e a alimentação é feita por rosca. O tambor de serrilhas trabalha sem escova fixa e tem rotação suficiente para conseguir uma extração por centrifugação e batimento sobre barras fixas. O algodão carregado, assim ejetado, segue para a parte inferior extratora, enquanto a matéria limpa (até 50%) sai diretamente para a próxima máquina.

As máquinas estão disponíveis nas larguras de 183 a 366 cm, com capacidades máximas de 12 a 24 fardos de 227 kg de fibra por hora. Este tipo de máquina é de desenho adequado com a colheita com *Stripper* nos EUA e não é encontrada nas usinas antigas do Brasil.

3.3. Os alimentadores de descaroçador

O alimentador de descaroçador recebe o algodão em caroço da rosca alimentadora. Sua função é alimentar o descaroçador uniformemente e de forma controlada, garantindo uma limpeza e abertura complementares e finais do algodão em caroço.

3.3.1. Os alimentadores modernos

Os alimentadores modernos combinam limpeza e extração, e têm as seguintes características (Figura 7.48):

- Possuem 2 rolos de alimentação tipo carambola, com motorredutor para a regulação manual ou automática do fluxo de algodão que atravessa a máquina e alimenta o descaroçador;
- Têm regulação automática do fluxo: a automação permite parar o fluxo, no caso de o peito do descaroçador levantar, e manter uma densidade constante do rolo de caroço no peito, para uma produtividade máxima e qualidade homogênea. O controle de fluxo é geralmente baseado no consumo elétrico do motor do eixo de serras do descaroçador;
- Possuem de 3 a 4 cilindros limpadores de pinos, com tela ou grade de barras;
- Dispõem de 1 a 2 cilindros extratores de serrilhas, com barras de batida e escovas fixas;
- Possuem 1 dispositivo de recuperação, com 1 a 2 cilindros de serrilhas;
- Têm 1 cilindro de escovas ou canaletas, para a saída do algodão;
- Têm uma sucção de poeira fina.

O número reduzido de partes em movimento permite alcançar altas capacidades exigidas pelos descaroçadores modernos.

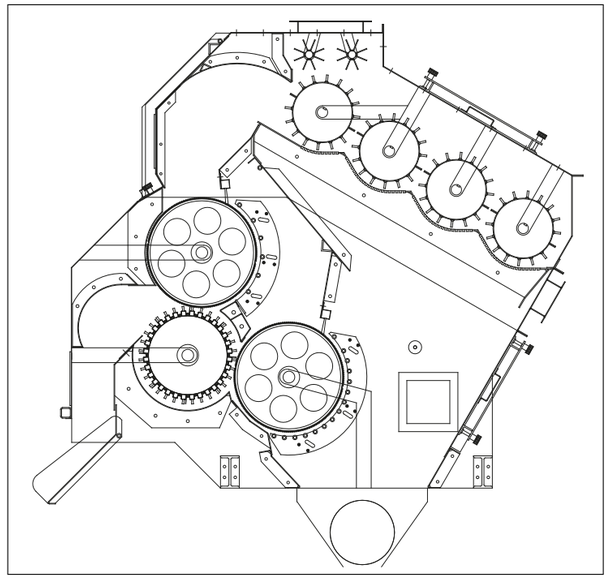


Figura 7.48. *Alimentador de descaroçador moderno típico.* (Fonte: *Busa Ltda, 2004).*

As regulagens padrões recomendadas são geralmente as mesmas para os batedores e extratores:

- Espaçamento entre a ponta dos pinos e a grelha (13 a 16 mm);
- Espaçamento de 13 mm entre a ponta dos dentes de serrilha e as barras de batida.

Entretanto, é recomendado consultar os manuais, pois existem muitos modelos que podem necessitar de regulagens específicas. As velocidades podem variar muito de um modelo para outro.

Os alimentadores aproveitam um algodão bem aberto e são máquinas que tratam de um fluxo de algodão por unidade de largura menor do que as máquinas de pré-limpeza. Isso permite uma boa eficiência. Utilizado sozinho, o alimentador moderno pode separar até 40% da matéria estranha do algodão em caroço, 70% da casquinha, 15% do piolho e 40% da outra sujeira (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

3.3.2. Os alimentadores antigos

Os alimentadores antigos, do tipo Mitchell Standard e Super-Mitchell, desenvolvidos a partir do Modelo K patenteado em 1930 por John E. Mitchell, bem antes da colheita mecânica, têm uma eficiência limitada. As características são as seguintes (Figura 7.49):

- 2 rolos de alimentação tipo carambola;
- Ajuste mecânico das rotações e do fluxo primitivo, sem precisão;
- Ausência de rolos de pinos, mas 1 ou 2 cilindros de pás (palhetas) girando na frente de chapas furadas inadaptadas a separação de sujeira grossa;

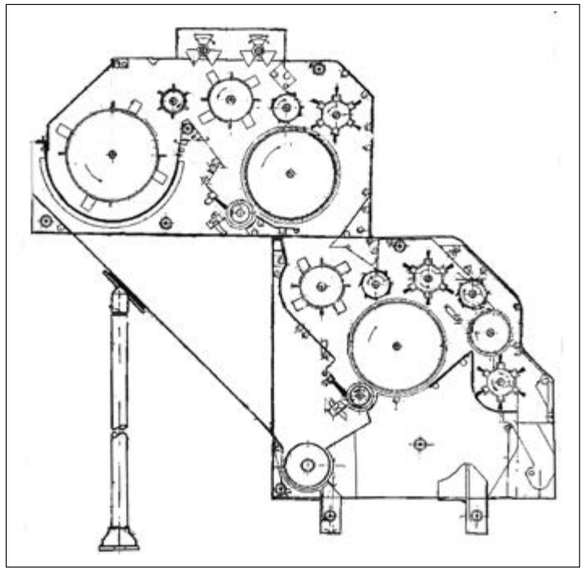


Figura 7.49. *Alimentador de descaroçador de tipo antigo Super Mitchell. (*Fonte: *Murray-Piratininga Ltda., [19--]).*

- 1 ou 2 cilindros de serrilhas de diâmetro médio sem escova fixa e sem grade de barras, que então não realizam um verdadeiro trabalho de extração;
- 2 ou 3 cilindros de retorno, com aspas ajudando na separação das casquinhas;
- 1 ou 2 cilindros recuperadores de serrilhas de pequeno diâmetro, com escova fixa;
- Escovas giratórias.

Nos processos antigos beneficiando algodões colhidos mecanicamente, o desempenho limitado dos alimentadores Mitchell e Super Mitchell, em termos de limpeza e regularidade da alimentação, deve ser compensado por uma eficiência forte das

etapas anteriores de pré-limpeza. A instalação de motorredutores para a movimentação dos rolos alimentadores permite ganhar em precisão de alimentação, regularidade de funcionamento e produtividade dos descaroçadores. As chapas furadas devem ser sistematicamente substituídas por grelhas de barras de 6 a 7 mm, espaçadas de 8 mm.

3.4. Sequências e gestão da limpeza do algodão em caroço

A limpeza do algodão em caroço participa muito da qualidade da fibra, mas tem um custo. Ela deve ser desenhada e operada em função da carga do algodão em caroço, considerando os seguintes componentes de rentabilidade:

- Ganho em melhoria da qualidade e do valor de mercado da fibra;
- Ganho pela proteção do material nas etapas posteriores do processo;
- Perda inevitável de matéria;
- Consumo de energia;
- Custo de manutenção.

A única etapa de limpeza (1 batedor + 1 extrator H.L.S.T.) encontrada no processo de desenho antigo não basta para eliminar os caules e as cascas que entram nos peitos do descaroçador, com consequências péssimas sobre a valorização da fibra. A sequência de limpeza do algodão em caroço (pré-limpeza) recomendada para os algodões colhidos mecanicamente com fusos no Brasil é (Figura 7.50):

- 1 sistema de cata-pedras;
- 2 etapas de pré-limpeza (cada uma com 1 extrator, no caso das usina antigas); e
- 1 extrator-alimentador por descaroçador.

As máquinas devem ser organizadas em sequência, de forma a otimizar o desempenho de cada uma. Um extrator não pode ser instalado em posição 1, pois deve sempre receber um algodão aberto e preparado por um batedor. O dimensionamento, a alimentação e a disposição no espaço devem ser definidos por estudos de engenharia, a fim de garantir o desempenho máximo com custos mínimos de instalação e operação.

A eficiência de limpeza do algodão em caroço por uma sequência de 4 máquinas modernas (1 batedor + 1 extrator + 1 batedor + 1 alimentador-extrator) varia entre 40 a 80%, dependendo dos ritmos de produção, do estado, das regulagens e da limpeza das máquinas (ANTHONY e MAYFIELD, 1994).

A exposição das máquinas limpadoras a uma matéria suja e abrasiva impõe cuidados diários, tais como abertura, limpeza e verificação das peças submetidas a desgaste. Os principais pontos de danos ou de desgaste se situam junto aos extratores e alimentadores de descaroçadores (segmentos dentados e escovas fixas ou giratórias). Matérias estranhas grandes podem provocar desgastes importantes nas máquinas (deformações, empenamento, quebras). Um plano de manutenção rigorosamente desenhado e efetuado é a única maneira de conseguir manter os equipamentos de pré-limpeza

com o máximo de eficiência. No caso das usinas antigas que têm eficiência limitada na pré-limpeza, os cuidados com as máquinas são ainda mais importantes.

O sistema de transporte do algodão nas etapas de pré-limpeza é pneumático. O funcionamento eficiente e regular desta parte do processo, com um mínimo de embuchamentos, depende da boa vedação das máquinas e, particularmente, dos batedores (portas de visita) e das válvulas de vácuo (tiras de borracha).

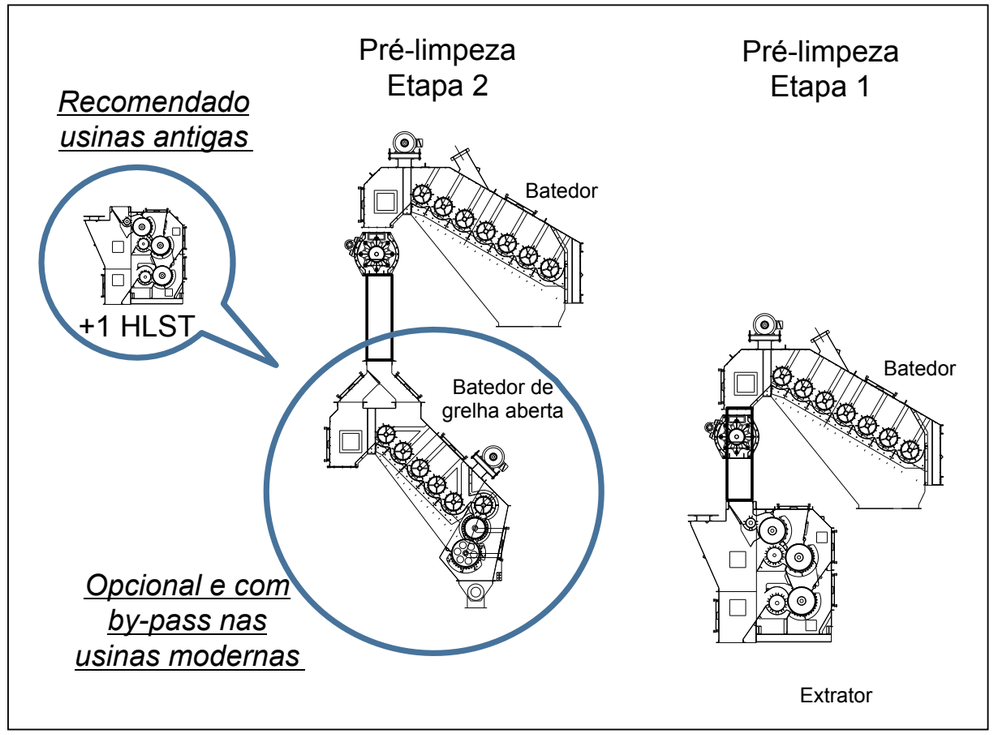


Figura 7.50. *Sequência recomendada para a pré-limpeza (algodão convencional).* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

4. O descaroçador de serra

O descaroçador é a máquina central do processo de beneficiamento. Condiciona a capacidade da usina e tem um impacto sobre várias características de fibra importantes para a fiação, como o comprimento e o teor de *neps*. No descaroçador, deve-se separar a fibra do caroço, eliminando certos resíduos, com o mínimo de desgaste destes dois produtos.

4.1. O princípio de funcionamento

O peito do descaroçador é constituído do antepeito e da câmara de beneficiamento (Figura 7.51). É a parte móvel do descaroçador. Pode ser levantado em posição de espera ou baixado em posição de beneficiamento. O antepeito é a parte frontal (1) que recebe o algodão em caroço que cai do alimentador e alimenta a câmara de beneficiamento (2), colocando o algodão em caroço em contato com as serras (3). A câmara de beneficiamento é delimitada por chapas curvadas e, na parte baixa e interna, por costelas (4) entre as quais penetram as serras quando o peito está na posição baixa. É bastante circular, o que permite ao rolo de algodão em caroço girar, apresentando continuamente nova fibra aos dentes. A fibra agarrada pelas serras é separada do caroço no ponto de beneficiamento (5), onde os dentes penetram entre as costelas. Atrás das costelas, a fibra é extraída dos dentes por escovas rotativas (6) ou jato de ar e levada por ar até o limpador de pluma ou o condensador geral. A centrifugação da fibra que ocorre no descaroçador pelas serras é aproveitada para uma primeira limpeza de vários resíduos vegetais e de caroço abortado no cata-piolho (7). O caroço desfibrado por passagens sucessivas em contato com as serras perde velocidade e cai por gravidade entre as serras até um dispositivo transportador (8). O tratamento mecânico violento é responsável por quebras e encarneiramentos de fibras, ocasionando a produção de fibras curtas e *neps* de fibra e de casca de caroço. As ações mecânicas no caroço podem levar a danos ou quebras. Em tal situação, além da poluição da fibra, o poder germinativo é afetado.

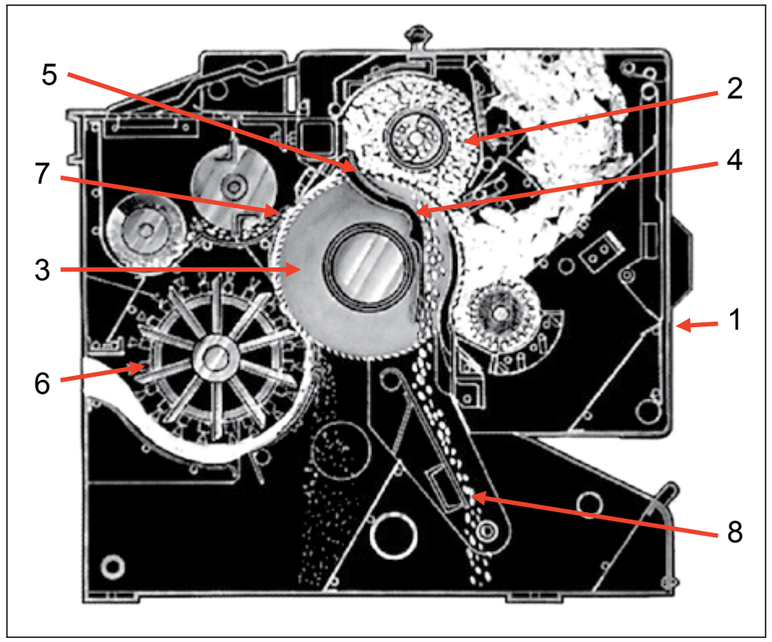


Figura 7.51. *Princípio de funcionamento do descaroçador. (Fonte: Continental Eagle Corp., [19--]).*

4.2. Os modelos de descaroçadores de serras

Os descaroçadores evoluíram muito no decorrer das décadas passadas. Os modelos variam pelo número e diâmetro de serras, dispositivos de extração da fibra (escovas ou ar), desenho do antepeito (com ou sem costelas), desenho da câmara de beneficiamento (fechada ou não, com ou sem sistema rotativo interno), etc. Muitos modelos antigos e modernos de descaroçadores de vários construtores estão sendo operados no Brasil.

Nas máquinas antigas, o antepeito, equipado de costelas e rolos, providencia uma última limpeza do algodão em caroço (Figura 7.52). Nos descaroçadores modernos

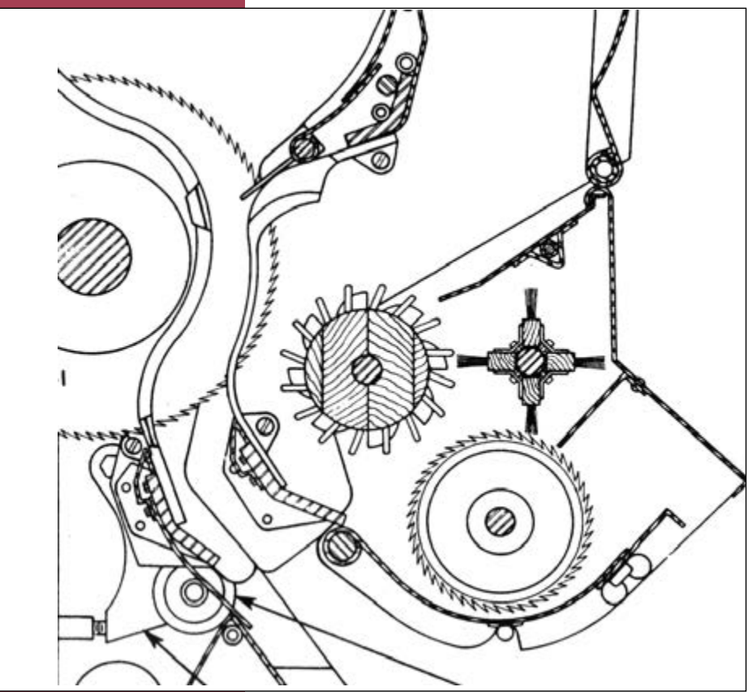


Figura 7.52. *Antepeito de descaroçador antigo.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

Figura 7.53. *Chapas superiores do peito.* (Foto: *Cotimes Afrique, 2011).*

que se aproveitam de uma pré-limpeza eficiente, o antepeito é simplificado, o que permite aumentar a produtividade.

Muitas melhorias no desenho do peito permitiram aumentar a produtividade dos descaroçadores. A melhor circularidade da câmara de beneficiamento facilita a rotação do rolo de caroço. Nas máquinas antigas, a parte alta do peito era aberta, limitando a rotação do rolo de caroço deformado pela pressão interna e a força centrífuga. O fechamento do peito por rolos (Lummus) ou chapas (Busa, Continental, Lummus) é indispensável para conseguir uma alta produtividade (Figura 7.53). O atrito do rolo de algodão contra as paredes e costelas do peito é grande, devido à alta pressão interna. Para contornar este limite, foram acrescentados dispositivos dentro do peito. O tubo rotativo extrator de caroço (Continental) permite aliviar o rolo de caroço e liberar espaço para mais fibra dentro do peito, o que ajuda a rotação (Figura 7.54). O rolo agitador (Lummus e Busa) ajuda na rotação do rolo e, pelo movimento oscilante lateral, oferece mais fibra para as serras, melhorando a produção (Figura 7.55).

O aumento do número de serras por máquina, a redução da distância entre serras e o aumento do diâmetro das serras (406 mm com Continental e 457 mm com Murray) são outros recursos utilizados pelos construtores para aumentar a capacidade dos descaroçadores. Os mais avançados têm 201 serras de 406 mm (Continental), 200 serras de 305 mm (Busa) e 170 serras de 305 mm (Lummus). Com as melhorias técnicas providenciadas pelos construtores, a capacidade dos descaroçadores passou, em 60 anos, de 2 para mais de 20 fardos de 227 kg por hora por descaroçador. As características e capacidades de várias gerações e modelos utilizados no Brasil ou disponíveis no mercado são apresentadas na Tabela 7.3.

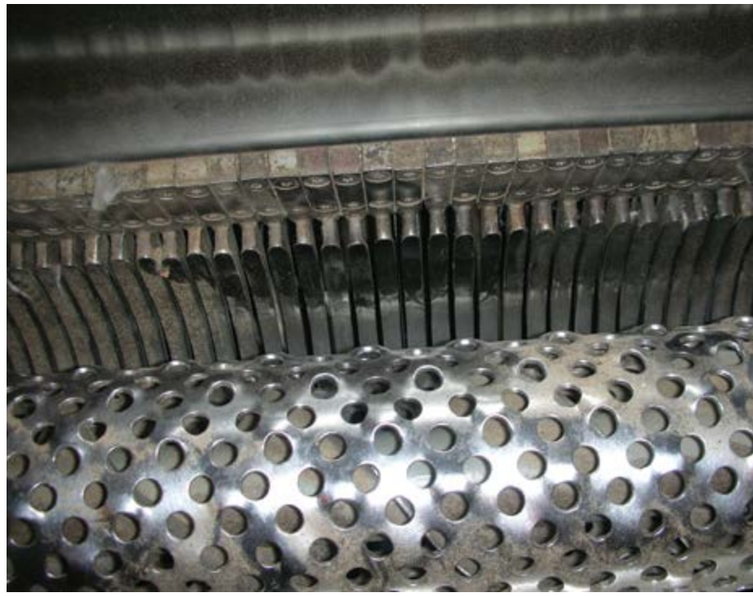


Figura 7.54. *Tubo extrator de caroço no peito.* (Foto: *Cotimes Afrique, 2008).*

Figura 7.55. *Rolo agitador no peito.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011.*

Tabela 7.3. *Características dos descaroçadores utilizados no Brasil.*

Fabricante	Nome (modelo)	Número de serras	Diâmetro serras	Capacidade (fardos/hora)		RPM serras	Tipo extração da fibra	Motor serras (HP)
			(pol")	227	200			
Busa Ltda	Descaroçador 200	200	12	15.0	17.0	828	escova	150
Continental Eagle Corp.	Model C	80	12	1.8	2.0	até 700	jato ou escova	15
	Model 521 e 550	80	12	1.8	2.0	650		15
		90	12	2	2.3	650		20
	120 serras	120	12	3.0	3.4	670		25
	Comet	119	16	6.0	6.8	700	escova	50
	93 serras 1974	93	16	5.0	5.7	700	escova	50
	141 serras 1974	141	16	7.6	8.6	700	escova	75
	141 Double Eagle	141	16	12.0	141	615	escova	125
	161 Golden Eagle	161	16	15.0	17	615	escova	150
Lummus Corp.	Imperial 88	88	12	5.0	5.7	830	escova	60
	108 Imperial	108	12	7.0	7.9	830	escova	75
	128 Imperial	128	12	8.0	8.0	830	escova	75
	158 Imperial	158	12	10.0	11.4	830	escova	100
	158 Imperial II	158	12	12.0	13.6	825	escova	100
	116 Imperial III	116	12	10.0	11.4	850	escova	100
	170 Imperial III	170	12	15.0	17.0	150	escova	150
PSCotton	Descaroçador 172	120, 150 e 172	12	-	até 16	nc	escova	150
Candeloro	Descaroçador 120x18	120	18	-	8.0	575	escova	75
	Descaroçador 90x12	90	12	-	4.0	720	escova	30
	Descaroçador 90x12	90	12	-	2.0	720	jato de ar	20
Murray e Murray-Piratininga	80 serras de 12"	80	12	-	1.8	700	jato de ar	15
	90 serras de 12"	90	12	-	2.0	700	jato de ar	15 ou 20
	120 serras de 18"	120	18	6	6.8	456	jato de ar	60
	142 serras de 18"	142	18	-	8.0	545	escova	75
RV	Descaroçador 90	90	12	-	nc	nc	nc	nc

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011*.

4.3. Operação dos descaroçadores

Quando tem algodão no peito, este não deve ser movimentado, a não ser que as serras estejam funcionando, pois isso poderia danificá-las ou as costelas.

O pente de caroço em posição levantada permite manter por mais tempo o caroço na câmara de beneficiamento, para maior desfibragem, mas isso reduz a produção, aumenta a densidade e as pressões no rolo de caroço, o que gera mais violência no tratamento da fibra e do caroço e favorece a extração de fibras curtas na superfície do caroço. A rentabilidade econômica desta prática é duvidosa. O beneficiador deve procurar obter uma boa desfibragem, na posição mais baixa possível. Por isso, as serras devem estar em excelente estado e o ritmo de alimentação do descaroçador precisa ser controlado.

O pente é igualmente aproveitado para evitar a caída do algodão e ajudar a formação do rolo de caroço no início do beneficiamento.

Para algumas máquinas, a posição do rolo de alimentação do antepeito (*picker roller*) pode ser ajustada durante o beneficiamento. Afastado, não permite às serras pegar todo o algodão em caroço e, próximo demais das serras, não permite às cascas caírem sem serem fragmentadas pelas serras. O rolo deve estar posicionado o mais longe possível das serras, sem deixar cair nenhum algodão.

4.4. Regulagens e manutenção

Nenhum ajuste ou manutenção deve ser realizado com os descaroçadores em funcionamento. Eles devem ser parados, desligados e travados antes da realização de qualquer ajuste ou manutenção. Regulagens, condições de funcionamento e manutenção são importantes para a produtividade e a qualidade dos produtos. Os construtores providenciam instruções e normas para instalação, regulagens e manutenção. As recomendações devem ser respeitadas, pois foram definidas após numerosos anos de pesquisa e experiência de campo, porém algumas variações, em função da matéria-prima e dos resultados procurados, podem ser toleradas.

As regulagens do descaroçador são feitas pelo fabricante. Devem ser conferidas antes da ligação inicial e *start-up* da usina, após a máquina ter sido alinhada com as outras, nivelada e definitivamente fixada no piso. Quando a máquina estiver montada e alinhada, os eixos e, particularmente, o cilindro de serras devem ser girados manualmente, sem as correias e correntes, para conferir se a rotação está livre e se não há peças ou ferramentas na máquina. As serras não devem tocar nas costelas durante a rotação. Depois, as correias podem ser montadas e a máquina ligada, após ser conferido o sentido de rotação do motor. A velocidade de rotação das serras deve ser medida e ajustada, se necessário, de modo a não se desviar das recomendações do construtor, de mais de 10 RPM.

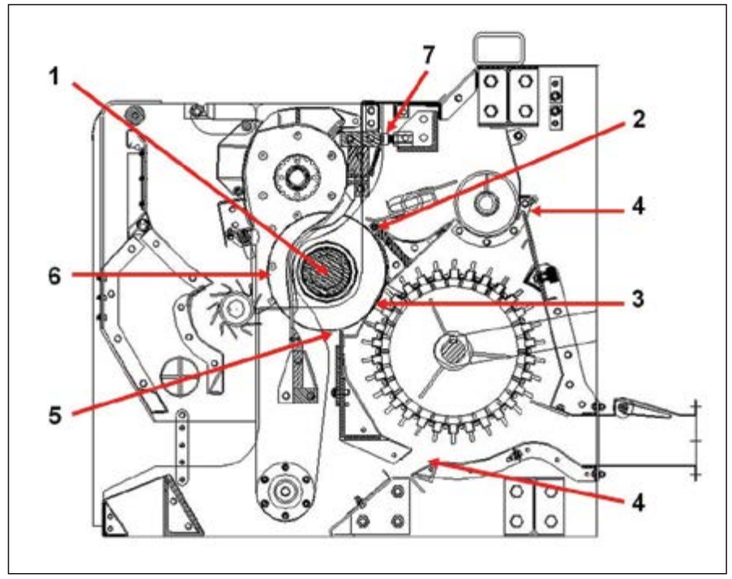


Figura 7.56. *Sequência de regulagem do descaroçador.*
(Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

De maneira geral, os ajustes dos descaroçadores devem ser feitos em sequência (Figura 7.56), começando pela instalação do eixo de serra completo (1), a sua centragem lateral no chassi da máquina e a centragem dos mancais nos suportes, antes da fixação. Se a chapa de cata-piolho (2) estiver fixa, a distância das serras com a chapa deve ser regulada em toda a largura da máquina antes da fixação do eixo de serras. Se a chapa de cata-piolho superior for regulável, será ajustada após a fixação do eixo de serra. O sistema de extração de fibra (jato de ar ou escovas rotatórias) deverá ser montado e

regulado com relação aos dentes de serra (3), bem como as tomadas de ar das escovas (4) e o cata-piolho inferior (5). Deve-se montar o peito sem o antepeito, fazer a centragem lateral das costelas nas serras, regular a penetração das serras nas costelas (6) e o deslocamento do peito (7); finalmente, deve-se montar o antepeito.

Figura 7.57. *Espaçamento regulares entre costelas.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

4.4.1. O costelado

Os peitos devem ser identificados, pois não podem ser trocados entre máquinas. O atrito entre serras e costelas provoca o desgaste de ambas e pode provocar incêndio. Devido ao grande número de costelas no descaroçador, sua montagem deve ser muito cuidadosa, com espaçamentos perfeitamente regulares para facilitar a centragem das serras e evitar atritos e passagem de caroço na fibra. Costelas originais permitem conseguir espaçamentos regulares e de dimensão adequada (Figura 7.57). A qualidade da fabricação e a regularidade das costelas são importantes para conseguir um costelado adequado e o beneficiador deve comprar unicamente de fabricantes que produzem costelas regulares e padrão. As reformadas complicam muito ou até impedem uma boa montagem, por serem em geral muito irregulares (deformação pelo aquecimento e lixação manual). Nas máquinas antigas, principalmente, calços de papelão devem ser utilizados para conseguir espaçamentos e a disposição correta das costelas. Elas se desgastam no ponto de beneficiamento, por causa da abrasão provocada pelas fibras e o caroço. O desgaste aumenta a distância entre costelas, com o aumento gradual da passagem de caroço na fibra e quebras de caroço. O desgaste é progressivo. É mais rápido com algodões carregados com matéria estranha, particularmente areia. Depende então da eficiência da pré-limpeza e do algodão mesmo. Por isso, as normas recomendadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e estar sempre em consonância com a observação das costelas e da fibra produzida.

A penetração das serras com as costelas é uma regulagem importante que condiciona a produtividade e influencia na carga de matéria estranha na fibra. Essa regulagem se refere a três pontos principais, para os quais as recomendações dos construtores devem ser escrupulosamente respeitadas (Figura 7.58). A distância A entre a ponta dos dentes e a ponta das costelas tem um impacto sobre a produtividade. Uma distância insuficiente favorece a perda de algodão em caroço e caroço no cata-piolho, pois a distância entre costelas, em geral, aumenta perto da ponta (para reduzir a formação de buchas). A distância B tem impacto sobre a produtividade. Quanto maior a penetração, mais as serras entram profundamente no rolo de caroço, aumentando a rotação e o número de dentes em contato com a fibra. Uma distância C grande entre a ponta dos dentes e as costelas de antepeito ajuda na captação do algodão em caroço, favorecendo a produtividade, mas aumenta também a captação de casquinhas. A posição do antepeito no peito sendo fixa, B e C variam juntas.

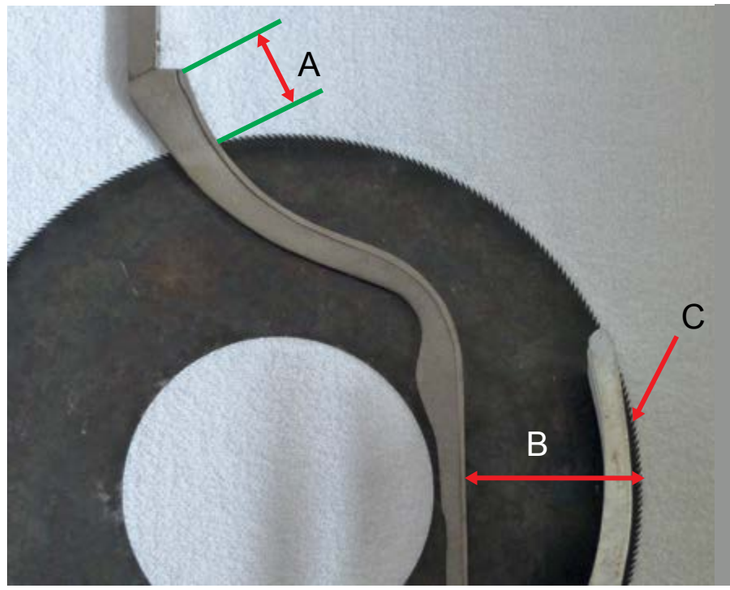


Figura 7.58. *Relação costelas-serras.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

4.4.2. As serras

A maioria das especificações e regulagens referentes às serras tem impacto direto tanto sobre a produtividade quanto sobre as perdas e a qualidade da fibra produzida (fibras curtas, *neps*, limpeza). A velocidade de rotação é um critério importante, pois velocidades baixas resultam em capacidade baixa e velocidades altas em danos à fibra (*neps* e fibras curtas). A inclinação e o perfil dos dentes são críticos e foram objeto de numerosos estudos para se chegar ao melhor desempenho. Ao entrar entre as costelas no ponto de beneficiamento, a borda anterior do dente deve ficar paralela à superfície da costela. A ponta do dente pode entrar um pouco antes da base, que nunca pode entrar antes da ponta, pois aconteceria um deslizamento e saída da fibra pela ponta do dente, com efeito de tesoura e perda de produtividade.

O paralelismo entre dentes e costelas pode ser obtido pela regulagem do peito, mas é imprescindível conferir a conformidade dos dentes ao comprar as serras, pois existem no mercado serras com dentes de perfil errado, com inclinação e profundidade insuficientes (Figura 7.59), que provocam um prejuízo muito alto, pelas perdas de fibra no cata-piolho (pode chegar até a 3 fardos de pluma por dia para um conjunto de 6 descaroçadores de 90 serras) e pelo fraco rendimento dos dentes (perda de produtividade de até 20%). Pela mesma razão, não é aconselhado o uso de serras afiadas, pois a afiação raramente é feita de maneira correta, ou seja, com restauração do perfil além só da afiação lateral.

Dentes tortos lateralmente ou na ponta devem ser corrigidos, pois a extração da

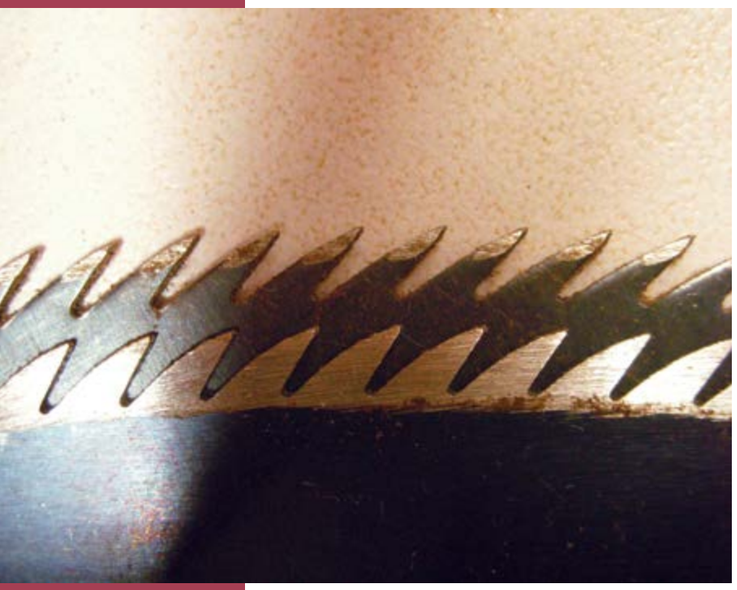


Figura 7.59. *Dentes corretos (em cima) e errados (embaixo).* (Foto: *Cotimes, 2006).*

fibra é dificultada, com risco de embuchamento na parte baixa das costelas. A falta de dentes cria mechas e perda de produtividade. As serras com dentes tortos ou quebrados devem ser substituídas. O beneficiamento provoca um desgaste progressivo dos dentes, mais rápido quando o algodão beneficiado é carregado de matéria estranha, particularmente areia ou sujeira grossa. A frequência de troca das serras depende então da eficiência da pré-limpeza e do algodão mesmo. Por isso, normas recomendadas pelos construtores para preservá-las devem ser consideradas com cuidado e sempre juntas com a observação das serras e da fibra produzida.

Descaroçadores de alta capacidade, com boa pré-limpeza, podem beneficiar até 10.000 fardos com um mesmo jogo de serras de excelente qualidade. A escolha entre várias qualidades propostas por um mesmo construtor deve levar em conta a durabilidade, pois o material mais barato geralmente não é o mais rentável. Nas usinas antigas no Brasil, as serras podem precisar ser trocadas 2 vezes durante uma safra de 120 dias, ou até 3 ou 4 vezes, no caso do beneficiamento de algodão colhido com máquina *stripper*, devido à grande quantidade de matéria vegetal dura entrando no peito. Serras não afiadas precisam de mais tempo para desfibrar o caroço, o que aumenta o gasto de energia. O algodão permanece mais tempo na câmara de beneficiamento, com mais pressão no rolo, volta mais vezes em contato com as serras, tudo isso provocando perdas na qualidade da fibra, inclusive no tipo.

4.4.3. Sistemas de limpeza da fibra (cata-piolho)

O descaroçador é equipado de dispositivos de extração de resíduos presentes na fibra ao sair da câmara de beneficiamento. Essencialmente dedicado à separação de caroço abortado ou pequeno, foi chamado de cata-piolho (*moting*). Ele trabalha por força centrífuga (cata-piolho superior) ou por gravidade (cata-piolho inferior). A regulagem do cata-piolho se faz progressivamente, com a máquina parada para cada ajuste. A chapa inicialmente é posicionada próxima das serras, afastada até parar as perdas de fibra, e fechada de volta levemente antes de ser fixada na posição. Em nível de cata-piolho, como de qualquer sistema de limpeza, deve-se aceitar alguma perda pequena de matéria, pois sem perda não tem limpeza eficiente (Figura 7.60).

No caso de máquinas que trabalham com sucção na saída do cata-piolho, o risco de perder fibras pela aspiração é grande e obriga a conferir a limpeza e a regulagem das tomadas de ar. Trabalhar com tomadas de ar obstruídas ou chapas fechadas pode resultar em perda de fibra equivalente a alguns fardos por dia. Nos descaroçadores antigos de tipo Murray 80 e 90 serras, a presença de bastante fibra nos resíduos de cata-piolho é anormal. Como não tem regulagem do cata-piolho, a origem do problema deve ser identificada (em geral desgaste ou qualidade das serras) para eliminar a perda, mas não se deve acrescentar uma chapa para trancar o cata-piolho.

Figura 7.60. *Resíduos de cata-piolho de aspecto normal.* (Foto: *Cotimes, 2005).*

4.4.4. O jato de ar

O sistema de extração de fibra das serras por jato de ar era comum nas máquinas antigas. Os descaroçadores dos tipos Murray 80 e 90 serras, tão comuns no Brasil, utilizam esta tecnologia (Figura 7.61). O jato é criado por um ventilador, que sopra numa tubulação conectada a um bico situado atrás das serras. O jato gerado e acelerado no bico fino é estreito e com orientação tangencial ao cilindro de serras e sobre todo o comprimento dele. A fibra extraída dos dentes segue a corrente de ar para a tubulação de saída até o limpador de pluma ou condensador geral. O ventilador centrífugo, chamado de recalque, deve ter uma entrada regulável e protegida por uma tela. A pressão estática recomendada na saída do ventilador varia de 200 mm de coluna de água, no caso dos algodões secos, até 400 mm, no caso de algodão úmido.

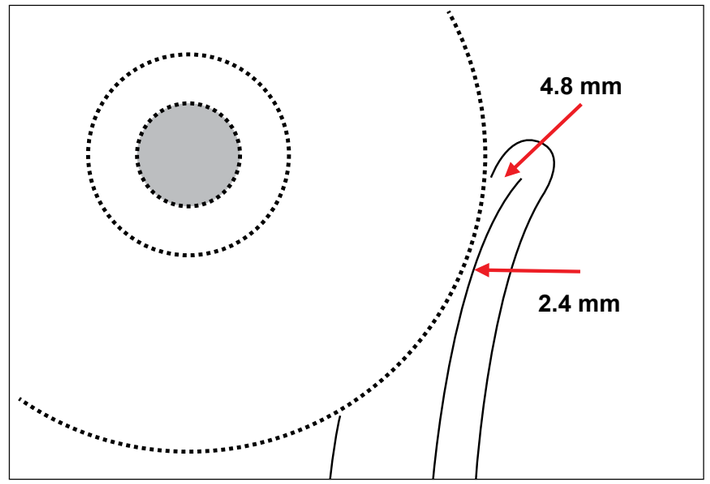


Figura 7.61. *Regulagens do jato de ar da Murray Piratininga 90 serras.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

O sistema de tubulação de recalque deve ser bem desenhado, particularmente na saída, para permitir um equilíbrio

de ar entre máquinas. A pressão de ar deve ser suficiente para limpar os dentes, sem consumo excessivo de energia. A abertura do bico de cada descaroçador deve ser regulada, a cada reforma, com abertura padrão (4,8 mm) e depois ajustada em cada máquina com medida constante na largura, até conseguir uma extração normal no funcionamento do conjunto. A regularidade do jato entre máquinas e na largura de uma mesma máquina deve ser controlada com um tubo de cobre curvo e manômetro. A regulagem da distância entre a chapa de fundo do injetor e as serras (2,4 mm) condiciona a extração e a separação do piolho. A sucção pelo ventilador do condensador deve ser suficiente para a fibra de cada descaroçador sair normalmente.

Figura 7.62. *Penetração das cerdas nas serras.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

4.4.5. As escovas rotatórias

A escova rotatória é constituída de escovas de base de madeira fixadas num cilindro, paralelamente ao eixo. A distância pequena entre escovas e a velocidade de rotação elevada permitem uma escovação de cada dente. Com as escovas agindo como palhetas, o cilindro de escovas na sua caixa atua como ventilador. Após ter extraído a fibra dos dentes, as escovas geram uma corrente de ar que vai levar as fibras para fora da máquina. As tomadas de ar na caixa das escovas devem ser bem reguladas e mantidas limpas. A velocidade de rotação é imposta pelo eixo de serras; os dois eixos são movimentados pelas mesmas correias. O diâmetro das polias originais deve ser estritamente respeitado. Para conseguir as rotações necessárias, as correias devem ser muito bem esticadas. As rotações elevadas impõem um balanceamento muito bom do cilindro de escovas.

Para poder tirar a fibra eficientemente, as escovas devem ser bem reguladas, com penetração até o fundo dos dentes (Figura 7.62). Uma penetração maior provoca desgaste rápido das escovas e favorece mechas e perda de tipo. Já uma penetração insuficiente deixa fibras nos dentes, com perda de capacidade e risco de embuchamento.

4.4.6. Resumo das principais regulagens dos descaroçadores

Máquina de tipo Murray 80 ou 90 serras (Tabela 7.4 e Figura 7.63):

1. Projeção das serras no costelado do antepeito;
2. Distância entre ponto de beneficiamento e ponta das costelas;
3. Dentes de serras e chapa curva do injetor (espaço);
4. Abertura do bico injetor (espaço);

Tabela 7.4. *Principais regulagens dos descaroçadores de baixa capacidade (em mm).*

Regulagem	Piratininga 80 e 90s	Continental 80 e 90s	Candeloro 90s
1	4,8 – 6,4	15,9	6,4 - 7,9
2	44,5	54,0	ni
3	2,4	2,4	1,6 a 2,4
4	4,8	5,6	ni
5	254 a 356	ni	até 356

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

5. Pressão estática no recalque (altura de coluna de água).

Máquinas de média e alta capacidade (Tabela 7.5 e Figuras 7.64 a 7.66):

1. Projeção das serras no costelado do antepeito;
2. Distância entre ponto de beneficiamento e ponta das costelas;
3. Cerdas de escovas nos dentes das serras (penetração);
4. Chapa do cata-piolho superior com serras (espaço);
5. Corta vento com escovas (espaço);
6. Chapa do cata-piolho inferior com serras (espaço);
7. Entrada de ar superior nas escovas (abertura);

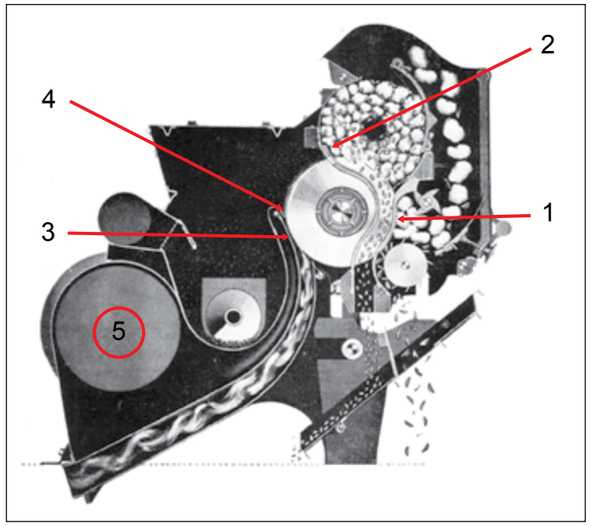


Figura 7.63. *Descaroçador Murray-Piratininga 90 serras a jato de ar.* (Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011).*

8. Entrada de ar inferior nas escovas (abertura).

As regulagens de 1 a 5 são predeterminadas pelo fabricante. As demais devem ser decididas durante o beneficiamento, buscando o melhor resultado.

Tabela 7.5. *Principais regulagens dos descaroçadores de média e alta capacidade.*

Descaroçador Regulagem	Candeloro 120 (mm)	Busa 200 (mm)	Lummus 170 (mm)	Continental 161 (mm)
1	6,4 a 7,9	/	/	9,5
2	50,8	/	/	50,8
3	3,2	3,2	Fundo	Fundo
4	3,2	3,2	3,2	1,6
5	1,6	Luz	3,2	/
6	/	/	6,4	38,1
7	/	/	4,8	/
8	/	/	3,2	/

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2010.*

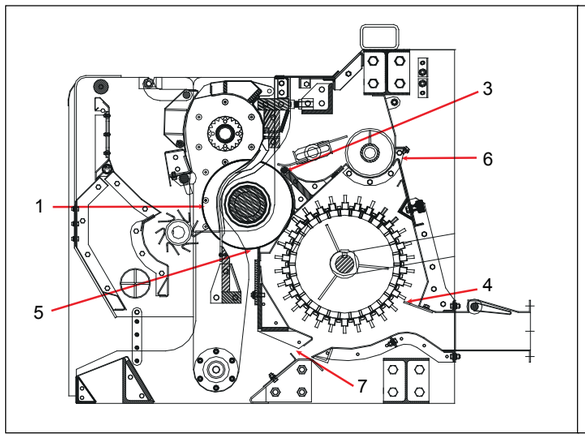


Figura 7.64. *Busa 200 serras.* (Fonte: *Busa Ltda, 2004).*

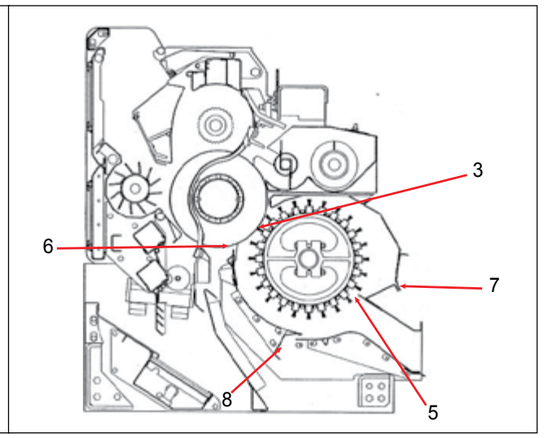


Figura 7.65. *Lummus 170 serras Imperial III.* (Fonte: *Lummus Corp., 2007).*

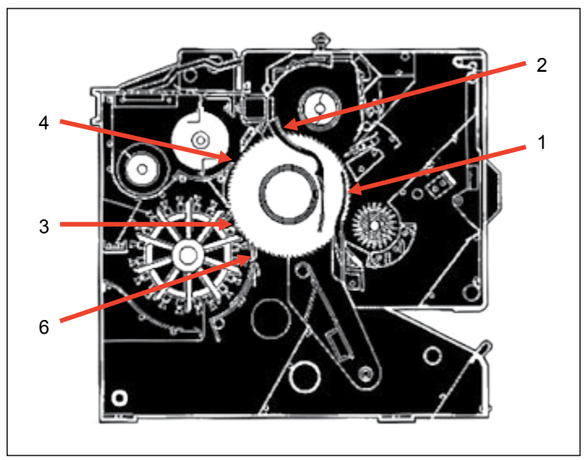


Figura 7.66. *Descaroçador 161 serras Golden Eagle (CEC).* (Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

5. Limpeza de pluma

Na saída do descaroçador, a fibra comporta matérias estranhas e apresenta um aspecto mais ou menos irregular, com mechas (fibra encarneirada) e manchas. O mercado justifica a limpeza da fibra pelo sistema de ágio/deságio, envolvendo várias características, tais como o tipo (regularidade de aspecto), a cor e a folha.

A limpeza da fibra tem como objetivo a limpeza e a penteagem da fibra, para melhorar o seu valor de mercado. Os dispositivos empregados são de tipo pneumático (limpador centrífugo) ou mecânico (limpador de serras). As usinas modernas geralmente têm os dois tipos de máquinas. A fibra passa pelo limpador centrífugo antes de entrar no limpador de serra.

O limpador centrífugo representa uma proteção para o limpador de serra, e evita a fragmentação de uma parte dos resíduos, tirando-os antes da sua entrada no limpador de serra.

5.1. O Limpador centrífugo ou limpador de ar

A limpeza centrífuga consiste em separar o material mais denso do que a fibra, pela força de inércia. Os limpadores centrífugos apresentam um duto retangular de mesma largura do que o descaroçador, estreito para a aceleração do fluxo de fibra, e uma curva fechada (o ângulo forte cria a força centrífuga), com uma fenda de ejeção de resíduos regulável à mão. O material bastante solto e mais denso do que a fibra não consegue realizar a curva e sai pela ranhura, por causa da força de inércia (Figura 7.67).

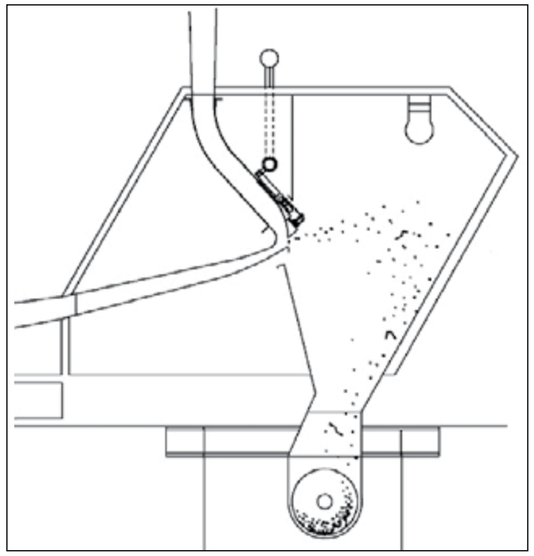


Figura 7.67. *Corte do limpador centrífugo.* (Fonte: *Lummus Corp, [19--]).*

As máquinas dos vários fabricantes apresentam poucas diferenças. Nas máquinas da Lummus (Super Jet) e da Continental Eagle Corp (Centrifugal Cleaner), a curva é por cima, sendo por baixo no Smart Jet, da Busa. A depressão na tubulação de saída da máquina tem que ser de 51 a 64 mm de coluna de água. A sucção é fornecida pelo ventilador do condensador do limpador de pluma ou do condensador geral, enquanto as escovas do descaroçador, agindo com ventilador, empurram o ar e a fibra para a entrada da máquina. Uma mangueira de controle da pressão estática deve ser instalada na tubulação entre o descaroçador e o limpador, para garantir a saída automática do peito do descaroçador, em caso de embuchamento no condensador do limpador de serra.

O compromisso de regulagem consiste em ejetar o máximo de matérias estranhas,

desperdiçando-se o mínimo de fibra. Considerando que as mechas de fibras encarneiradas têm uma densidade maior do que a fibra solta, existe uma possibilidade de o limpador centrífugo eliminar uma parte das mechas geradas pelo descaroçador. Para aproveitá-la, o beneficiador deve aceitar a perda de um pouco de fibra neste nível. A regulagem certa consiste em abrir a ranhura até começar a perder fibra e fechar um pouco para perder fibra somente na forma de mechas.

Este tipo de limpador elimina os resíduos grossos (piolhos, caroços, fragmentos de casca de caroço, miolo, mechas de fibra), com 10% de eficácia. Não há nenhuma peça em movimento, ou seja, nenhum desgaste na fibra, mas faz pouca limpeza e não corrige o aspecto, porque não abre a massa de fibra. O limpador centrífugo dificilmente pode ser instalado nos conjuntos de descaroçadores de tipo antigo, onde a fibra produzida por vários descaroçadores é juntada e transportada numa tubulação comum e redonda.

5.2. O Limpador de serra (limpa-pluma)

Neste tipo de limpador, um condensador separa a fibra do ar de transporte e forma uma manta de fibra, que é mantida sob pressão enquanto é penteada pelos dentes do rolo de serra. As fibras são individualizadas e as manchas são disseminadas (penteagem). A fibra é arremessada contra as barras afiadas, eliminando as matérias estranhas afrouxadas por centrifugação, batimento, gravidade e circulação de ar.

5.2.1. Princípio de funcionamento

O limpador de serra é geralmente composto de um condensador, de um jogo de rolos de alimentação, de uma barra de alimentação, de um cilindro de serra girando na frente de um conjunto de barras de batida, e de um tambor de escova, para destacar a manta penteada e soprá-la fora da máquina (Figura 7.68).

Quase todos os limpadores de pluma respeitam estes princípios. Existem variações entre fabricantes conforme o desenho do condensador, controle da manta, diâmetro do cilindro de serras e controle da limpeza (Tabela 7.6). Os tambores condensadores de chapa furada ou tela podem ter sucção de um lado só (tipo Moss Constellation e máquinas Busa). São condensadores de diâmetro grande e a manta se deposita na parte inferior do condensador (Figura 7.69). Podem ter sucção pelos dois lados (máquinas da Lummus e da Continental Eagle). O diâmetro é menor e a manta se forma na parte superior (*overshoot*).

A manta destacada do condensador desce até o cilindro de serra, controlada e levemente esticada por um conjunto de pares de rolos alimentadores de número variável (4 a 10), dependendo do modelo e do fabricante (Figura 7.70). O cilindro de serra tem diâmetro de 41 cm (Lummus, Busa e máquinas antigas), de 51 cm (Busa) ou 61 cm (Continental Eagle). O número das barras de batida (facas) varia de 5 a 8, dependendo da marca e do modelo.

Na máquina Sentinel, da Lummus, a manta não é controlada e não se usa rolos de alimentação, mas tem um cilindro separador, uma barra de alimentação, um cilindro de serra, barras de batida e tambor de escovas (Figura 7.71).

A capacidade normal de trabalho dos limpadores de pluma de serra antigos é de 1 a 1,3 fardos de 227 kg/30 cm de largura. A capacidade dos limpadores modernos é superior, alcançando 1,7 fardos com serra de 51 e 61 cm.

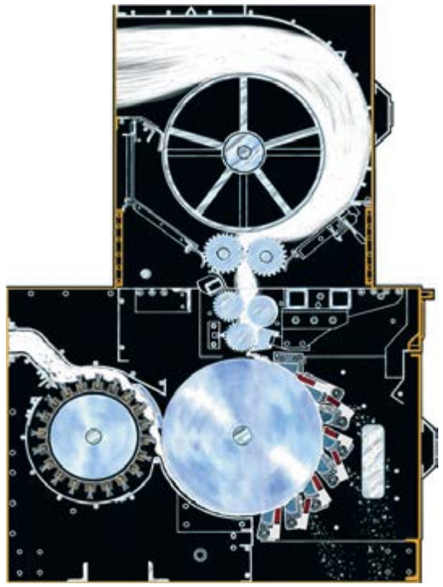


Figura 7.68. *O limpador de fibra de serra.*
(Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

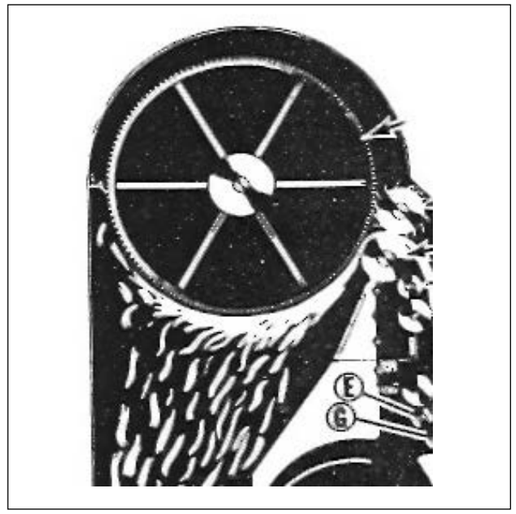


Figura 7.69. *Depósito da manta na parte inferior.* (Fonte: *Continental G.C., [19--]).*

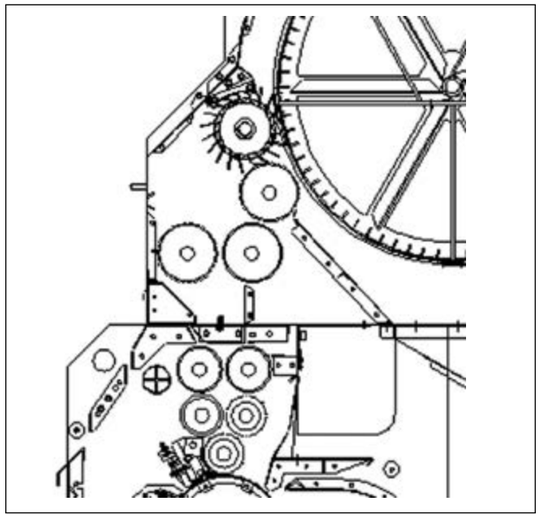


Figura 7.70. *Rolos alimentadores.*
(Fonte: *Busa Ltda, 2004).*

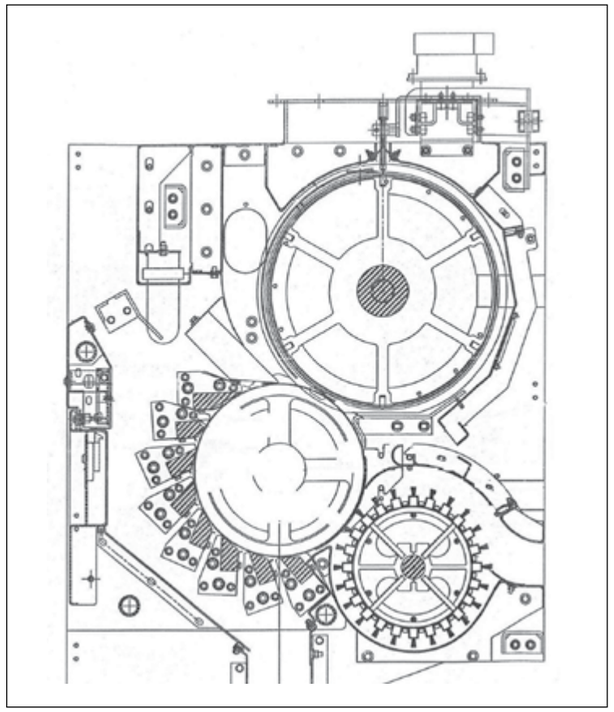


Figura 7.71. *Limpador Sentinel da Lummus.* (Fonte: *Lummus Corp., 2007).*

Tabela 7.6. *Características dos limpadores de pluma utilizados no Brasil.*

Fabricante	Modelo	Larguras disponíveis (pol./cm)	Diametro condensador	Diâmetro de serras	Utilização	Cilindros alimentadores	Barras de limpeza	RPM serras	Regulagens (mm)		Motor (CV)
									flutuante/serra	barras/serra	
Busa Ltda	1600	103/262	50/127	16	Linha	7	6	1045	2.0	1.2 a 1.6	30 + 7.5
	2000	103/262	50/127	20	Linha	7	7	950	2.0	1.2 a 1.6	30 + 7.5
Continental Eagle Corp.	16-D antigo	66/168	24/61	16	Linha	3	8	866	1.6	1.6	15
	16-D	66/168 e 94/239	24/61	16	Linha	3	5	1214	0.8	1.6	15/30
	24-D Golden Eagle	102/259	24/61	24	Linha	3	8	908	0.8	1.6	40
Lummus Corp.	86 e108	86/218 e 108/274	30/76	16	Linha	2	6	1000	1.6	0.8	30/40
	Sentinel	86/218 e 108/274	22/56	16	Linha	0	8	1000	/	0.8	30/40
PS Cotton	PS 1800, 2200 e 2800	180/220 e 280	nc	16	Linha	2	7	nc	nc	nc	25 a 40
Candeloro	Tipo Constellation	66/168 e 86/218	50/127	16	Bateria	7	6	1050	3	3.2, 2, 1.6	25/30
Moss Gordin	Constellation	66/168	50/127	16	Bateria	7	5	1068	1.6	0.6 a 0.9	25
Murray/Piratininga	Tipo Constellation	66/168 e 86/218	50/127	16	Bateria	7	5	1018	1.6	3.2 e 1.6	25/30
RV	Tipo Constellation	66/168 e 86/218	50/127	16	Bateria	nc	nc	nc	nc	nc	nc

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2011*

5.2.2. Operação e desempenho

O desempenho da limpeza de pluma de serra resulta da interação entre a densidade da manta alimentada, a velocidade de rotação do rolo de serra, a relação de penteagem e a regulagem das folgas entre as partes do equipamento. Os construtores fazem recomendações muito precisas a respeito, que devem ser estritamente respeitadas, pois resultam de anos de pesquisa visando otimizar o desempenho. A densidade da manta alimentada depende do ritmo de descaroçamento e da velocidade de rotação do condensador e da alimentação. Uma manta espessa se abre menos, reduz a limpeza e tende a ser expelida (aumento das perdas). Uma manta fina, com furos ou interrupção, provoca perdas de fibra. Ambas apresentam riscos de embuchamento, com possíveis danos à máquina. A velocidade de rotação do condensador deve ser ajustada ao ritmo do beneficiamento, a fim de conseguir uma manta fina e regular, sem furos. Isso pode ser feito com polias múltiplas ou por ajuste eletrônico das rotações do motorredutor da parte alimentadora.

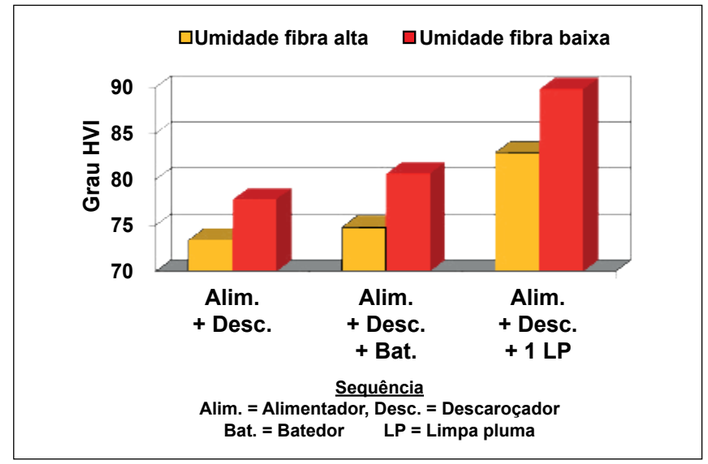


Figura 7.72. *Efeito do limpador de pluma sobre o grau HVI.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

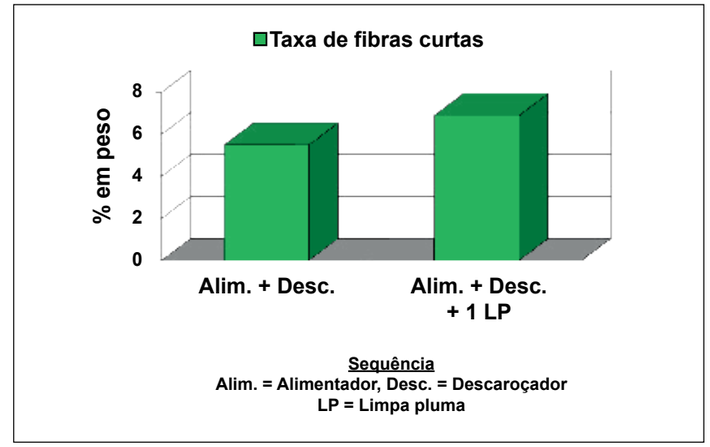


Figura 7.73. *Efeito do limpador de pluma sobre as fibras curtas.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

O acréscimo da velocidade tangencial ou periférica (Vt) do cilindro de serra aumenta a força centrífuga, com tendência a melhorar a limpeza, aumentar as perdas de fibra e baixar certos parâmetros de qualidade (*neps* e comprimento). A velocidade de rotação recomendada para o cilindro de serra diminui quando aumenta o seu diâmetro. Para cilindros de 41 cm (com Vt de 22 até 25 m/s), são recomendados de 1.000 até 1.200 RPM, contra 900 RPM no caso do cilindro de 61 cm com Vt de 29 m/s). A Vt das escovas rotatórias deve ser de 1,5 a 2 vezes a do cilindro de serra.

A relação de penteagem é a da velocidade periférica do rolo de serra com a do rolo alimentador. Ela pode ser modificada alterando a velocidade da alimentação e, em casos mais raros, a veloci-

Figura 7.74. *Limpa-pluma duplo de 66", com fluxo dividido.* (Foto: *Cotimes, 2007).*

dade de rotação do rolo de serra. Quanto maior for, mais importante será a abertura da manta e a individualização das fibras. Isso favorece a limpeza e a penteagem, mas pode também afetar a qualidade da fibra, sobretudo em caso de coeficientes elevados de alimentação da máquina (subdimensionamento ou ritmos de beneficiamento elevados).

O limpador de serra elimina os resíduos finos (fragmentos de casca, piolhos, folhas) com 40% a 50% de eficácia. A limpeza é puxada e a fibra se torna homogênea graças à penteagem. Todavia, ela sofre danos. Utilizando a limpeza da pluma em boas condições de umidade de fibra e regulagens, os danos à fibra são mínimos. A operação pode ser rentável. Caso contrário, perdas e danos à fibra podem ser importantes e reduzir ou até inverter a rentabilidade da operação. As características de fibra afetadas pela limpeza da pluma são numerosas. A limpeza reduz a folha e a penteagem melhora o tipo e a cor (Figura 7.72). Os *neps* de fibra são criados na formação da manta e na limpeza, enquanto outros são eliminados. Os *neps* de casca de caroço são fragmentados. A força de tração sobre as fibras gera quebras, reduzindo o comprimento comercial, a uniformidade e aumentando a taxa de fibras curtas (Figura 7.73). As quebras aumentam com a velocidade da serra e a relação de penteagem.

A disposição dos limpadores de pluma de serra no processo pode variar. No caso de descaroçadores antigos de baixa capacidade, uma mesma máquina atende vários descaroçadores (limpador de pluma "bateria" dos processos de desenho antigo). No caso de usina utilizando descaroçadores de capacidade intermediária e alta (de 5 fardos por hora para cima), cada limpador de pluma atende um descaroçador.

Para aumentar o desempenho da limpeza de pluma, duas máquinas podem ser utilizadas juntas (em bateria ou atrás de cada descaroçador), com várias alternativas de tratamento permitindo dosar limpeza, penteagem e desgastes na fibra, que pode ser dividida entre as duas máquinas. No caso do fluxo dividido, cada máquina trata a metade do fluxo de fibra que sai dos descaroçadores, com um excelente balanço entre eficiência e desgastes na fibra. Ela pode passar por uma máquina e depois por outra (série). A limpeza e penteagem são máximas e também os desgastes na fibra. Hoje, essa configuração não é recomendada no Brasil, salvo caso excepcional, pois economicamente não é rentável (ver conclusão sobre limpeza). A fibra pode passar por somente uma máquina das duas (limpeza clássica) ou não passar por nenhuma máquina (*by-pass* ou desvio).

A Candeloro supera o subdimensionamento dos limpadores de 168 cm (LP 66") e 218 cm (86") nos conjuntos de 6 descaroçadores de tipo Murray 90 serras de 30,5 cm, colocando 2 máquinas de 168 cm encostadas de traseira uma na outra, com fluxo dividido (Figura 7.74). No caso de limpadores de 168 cm funcionando com fluxo dividido, a altura de instalação deve ser suficiente (mínimo com a base do condensador a 2 ou 3 metros acima do chão) para permitir uma boa divisão da fibra entre as 2 máquinas e a velocidade dos condensadores deve ser reduzida até obter uma manta sem furos. As máquinas então devem ser equipadas com motorredutor com inversor de frequência.

A opção de duas máquinas de 168 cm com fluxo dividido não é recomendada para os conjuntos de fabricação antiga, pois os embuchamentos permanentes dos descaroçadores impedem uma alimentação suficiente das duas máquinas, que não podem funcionar normalmente e perdem muita fibra. Para os conjuntos antigos de 5 descaroçadores de 80 ou 90 serras, deve-se utilizar um limpador de 218 cm e, para 6 descaroçadores de construção antiga, é recomendado instalar, de preferência, uma máquina larga de tipo moderno, que tem largura em torno de 260 cm.

5.2.3. Regulagens e manutenção

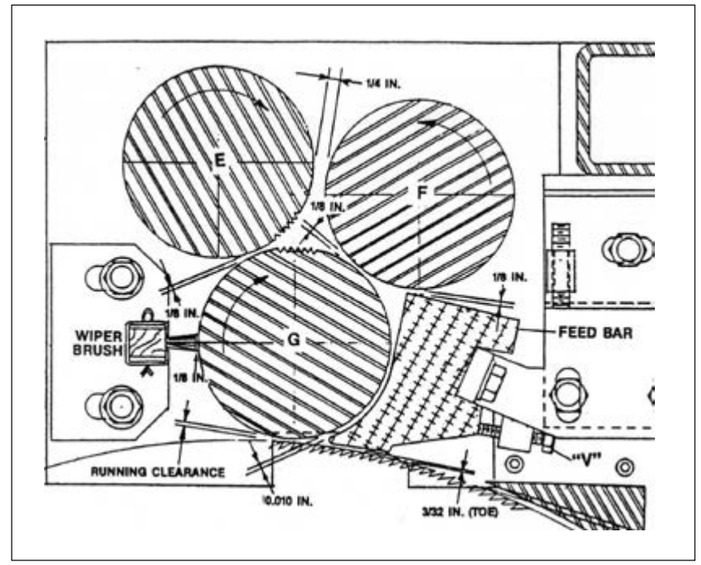


Figura 7.75. *Relação rolo de alimentação/barra/serra no 24D.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., 2000).*

É fundamental observar todas as regulagens recomendadas pelos fabricantes, particularmente os espaçamentos entre rolo de alimentação/barra/serra (Figura 7.75). A regulagem mais importante é a distância entre o rolo flutuante e a barra de alimentação. O espaçamento recomendado por todos os fabricantes é de 0,25 mm sobre toda a curva da barra. Uma folga excessiva deixa a manta frouxa, reduz a abertura, a limpeza e a penteagem, e acarreta perdas irremediáveis de fibra (Figura 7.76). A distância entre a barra e a serra também é importante, com valores recomendados geralmente de 1 a 2 mm, quando a máquina trabalha com mantas de espessura normal. Não se consegue regular adequadamente o conjunto flutuante, barra e serra sem ter visores laterais (Figura 7.77). Uma vez obtida a regulagem, as molas laterais devem ser firmadas até impedir a oscilação permanente do flutuante, sem comprometer o seu afastamento no caso de necessidade (bucha de fibra).

O cilindro de serra é recoberto por uma guarnição de dentes de 4 a 5 mm de comprimento. O perfil dos dentes é importante para a *performance* da máquina. A troca

Figura 7.76. *Perda de fibra por folga flutuante/ barra excessiva.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

Figura 7.77. *Visor lateral.* (Foto: *Cotimes, 2008).*

da guarnição de dentes do cilindro de serra deve respeitar estritamente as especificações do fabricante. Dentes perfeitamente afiados são fundamentais para a penteagem e para limitar as perdas de fibra.

As barras de batidas dispostas em torno do rolo de serra servem para ejetar resíduos por meio do batimento da fibra (Figura 7.78). É importante observar a folga recomendada entre a ponta das barras e as pontas dos dentes (0,8 a 2,4 mm). Um espaçamento muito grande reduz a limpeza, enquanto que uma proximidade muito grande acarreta perdas de fibra e riscos de danificar os dentes. O espaçamento tem que ser regular sobre toda a largura da máquina. O desgaste das barras (desafiação), observado com frequência, acarreta perdas de fibra e redução da limpeza. As barras de limpeza têm papel de reaplicar a manta penteada sobre o cilindro de serra, por isso um afastamento grande ou a inclinação insuficiente de uma barra favorece as perdas de fibra na barra seguinte. Em vários modelos de máquinas, a base das barras é equipada de chapas aplicadoras parafusadas, para reduzir as perdas nas demais barras. A distância recomendada entre a chapa e os dentes de serra deve ser respeitada. Assim, a regulagem correta de uma barra em relação à serra não é somente na ponta, mas na base também (Figura 7.79).

A sujeira separada nas barras de batida deve ser succionada, para não voltar na manta penteada. Uma sucção gerada na frente das barras, com uma corrente de ar de 2.000 m³/h por metro de largura, permite limpar as barras sem aumentar as perdas de fibra.

Devido ao grande impacto econômico da limpeza de pluma, uma atenção especial deve ser tomada com as máquinas na usina, cuidando em particular da sua manutenção e regulagens, lembrando sempre que o limpador de pluma é uma máquina extremamente perigosa (responsável por 50% dos acidentes na algodoeira americana). Todas as regras de segurança devem ser observadas durante o funcionamento e antes de qualquer intervenção.

O sistema de regulagem da abertura dos limpadores centrífugos deve ser sem folga e bem lubrificado, de maneira a conseguir facilmente uma regulagem homogênea em toda a largura da máquina. Para conseguir e manter um ótimo desempenho do limpador de serra é recomendado principalmente que se mantenha uma vedação perfeita nas laterais e na largura do tambor de condensador. Eventualmente, devem-se abrir janelinhas reguláveis na parte dianteira da subida do condensador, para ajudar a repartição da manta em toda a largura da máquina. Um motorredutor é muito útil para a regulagem fina das rotações do condensador e para manter as características da manta. A fim de evitar a interrupção de manta, os condensadores não devem possuir emendas ou reparos com faixas de epóxi. A penteagem e a limpeza sem perdas de fibra somente serão garantidas pela substituição sistemática do rolo flutuante e/ou da barra de alimentação empenada, pela disponibilidade de visores laterais para conseguir a perfeita regulagem da folga entre o flutuante e a barra de alimentação, pelo perfeito estado dos dentes de serra e a afiação das barras de batida, em cada safra.

Figura 7.78. *Batimento da fibra nas barras.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2010).*

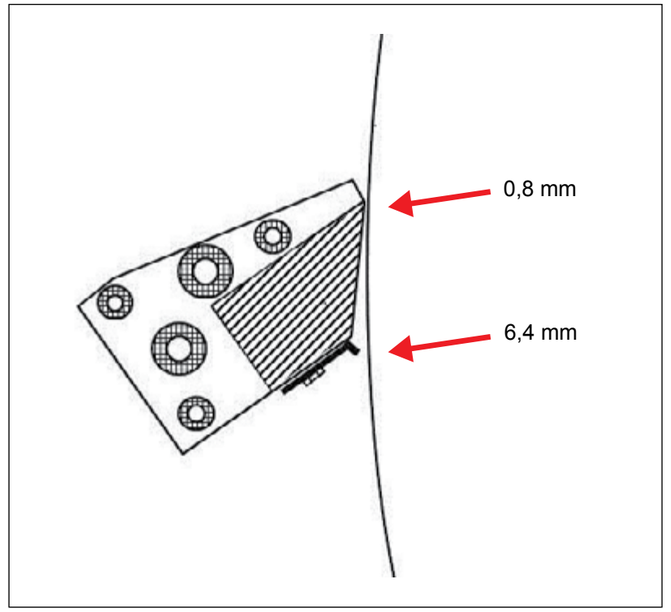


Figura 7.79. *Parâmetros de regulagem de uma barra de limpador Sentinel.* (Fonte: *Lummus Corp., 2007).*

5.2.4. Gestão da limpeza de pluma

A limpeza da fibra proporciona uma penteagem. É acompanhada por danos e perdas de fibra nas barras de batida, num índice de 0,7 até 1,1% do peso do fardão (3,6 a 5,6 kg por fardo) quando a usina utiliza um limpador de serra em colheita com fusos, e num índice de até 1,6% (12 kg por fardo) no caso de colheita com *Stripper*. Estes índices se dão quando os processos estão adequados com a limpeza de algodão em caroço. Mais da metade das fibras perdidas apresenta um comprimento de uma polegada ou mais. Para os algodões pouco carregados, o benefício alcançado através da limpeza pode não compensar as perdas e os danos infligidos às fibras. Várias abordagens são possíveis para reduzir as perdas de fibra, adaptando sua limpeza à matéria-prima e aos objetivos comerciais.

Pode-se eliminar a limpeza de pluma desviando os limpadores (válvula *by-pass*). Nesse caso, o rendimento de fibra aumenta de 0,7 a 1%, mas a limpeza e a penteagem se perdem.

Pode-se dosar a limpeza e limitar os prejuízos fechando determinadas barras de batimento (sistemas de batentes Louvers, comercializados pela Continental Eagle – Figura 7.80). Neste caso, a penteagem é conservada e as perdas podem ser muito baixas 0,2 a 0,3% (a barra 1 permanece sempre ativa), ou até normais (1%), dependendo do

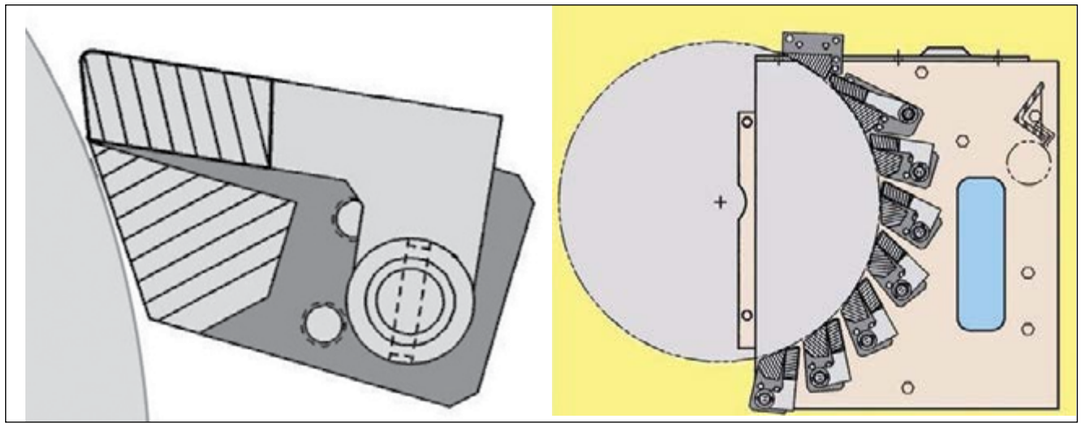


Figura 7.80. *Sistema Louvers, da Continental.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., 2002).*

número e da posição das barras fechadas.

Os limpadores sem controle da manta reduzem danos à fibra. A manta de fibra cai diretamente do condensador no cilindro de serras, sem ficar presa entre um rolo e uma barra, reduzindo a ação mecânica sobre as fibras, mas também a penteagem. A redução dos danos à fibra, sem a redução das perdas de fibra e com a diminuição da penteagem, pode ser rentável ou não, dependendo da matéria-prima (caso da colheita mecânica) e dos contratos comerciais, e a alternativa de limpadores clássicos (com manta controlada) deve ser disponível, para uma verdadeira gestão da limpeza.

Para os algodões sujos, a melhoria de grau geralmente compensa as perdas de fibra. A limpeza da fibra deve ser aumentada, utilizando o sistema de fluxo dividido, um ritmo de beneficiamento diminuído ou a passagem por duas máquinas em série.

5.3. Limpeza da fibra e do algodão em caroço

A qualidade do algodão em caroço que chega à usina é muito variável. A limpeza deve ser desenhada em função da sua qualidade e da limpeza de fibra disponível. A colheita mecânica combinada com a limpeza de fibra, frequentemente subdimensionada, e a tecnologia primitiva das usinas antigas impõem uma limpeza de algodão em caroço completa, com máquinas em bom estado e bem reguladas.

A limpeza do algodão em caroço e a limpeza da fibra são complementares. Não é possível substituir uma pela outra, mas se deve raciocinar sobre a limpeza como um todo. É possível melhorar o lucro limitando a limpeza da fibra e melhorando a pré-limpeza (Figura 7.81), que prejudica menos a fibra (Figura 7.82), porém a limpeza da pluma traz uma melhoria significativa de grau.

Cada sujeira eliminada na limpeza de pluma leva fibra junto. Para limitar as perdas de fibra na limpeza de pluma, é interessante o algodão em caroço chegar no descaroçador com o mínimo de sujeira.

Nas usinas antigas, é possível melhorar a pré-limpeza e a limpeza da fibra para conseguir melhorias muito importantes da qualidade, sem aumentar muito o custo de produção. O projeto da Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA) para a melhoria do beneficiamento nas usinas antigas, desenvolvido em Mato Grosso, em 2005 e 2006, confirmou uma melhoria de um tipo e de uma a duas folhas graças à melhoria da pré-limpeza (duas etapas com batedores trabalhando por sucção) combinada com a secagem e implantação de limpeza de pluma moderna e bem dimensionada (Figura 7.83) (CHANSELME et al., 2007).

Adaptar a limpeza a matéria-prima a ser beneficiada e aos contratos comerciais, desviar (*by-passar*) máquinas para reduzir as perdas, ou equilibrar pré-limpeza e limpeza da pluma, são decisões de gestão do beneficiamento. A

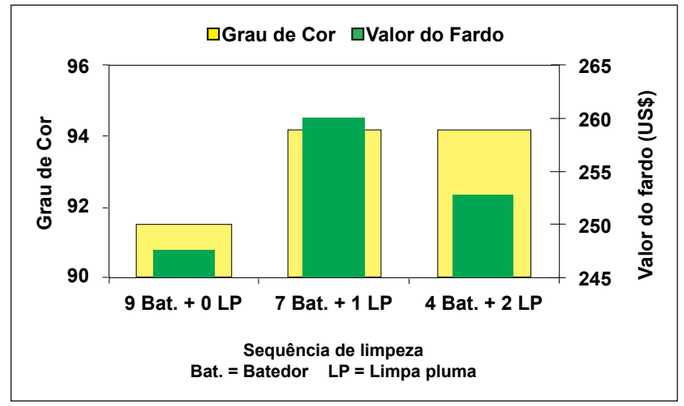


Figura 7.81. *Efeito da limpeza sobre o valor do fardo.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

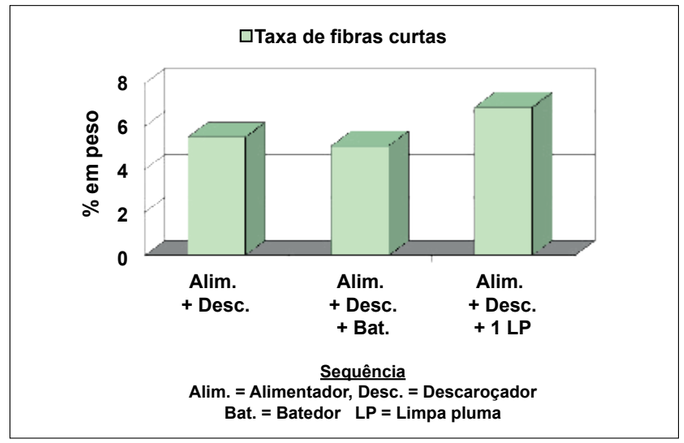


Figura7.82. *Efeito da limpeza sobre as fibras curtas.* (Fonte: *CIRAD, 2005).*

Figura 7.83. *Limpeza de pluma moderna e dimensionada num processo antigo. (*Foto: *CIRAD, 2005).*

gestão da limpeza é importante para o lucro da empresa, pois ela condiciona o rendimento de beneficiamento e impacta o custo e a qualidade da produção.

6. Prensagem e embalagem da fibra

Os objetivos do enfardamento da fibra consistem em compactá-la para facilitar e baratear seu armazenamento e transporte. O acondicionamento requer os seguintes equipamentos: condensador, bica, dispositivo de umidificação, alimentador, calcador, prensa e amarração/ensacamento.

6.1. O condensador geral

A máquina funciona com sucção, separa a fibra de seu ar de transporte e a condensa em uma manta (Figura 7.84). A fibra é depositada num tambor giratório, constituído de tela ou chapa furada e vedado lateralmente. A largura do tambor corresponde à da caixa da prensa. A velocidade de rotação do tambor condiciona a espessura e a continuidade da manta, e deve ser ajustada para conseguir uma manta homogênea, consistente e sem furos. As velocidades de rotação são, em geral, entre 6 e 14 RPM, dependendo do diâmetro do tambor e do fluxo de fibra que chega na máquina. Uma velocidade de rotação muito baixa acarreta embuchamentos e perturba o sistema pneumático, enquanto uma velocidade muita alta forma uma manta irregular e sem consistência. A velocidade periférica do tambor condiciona a velocidade linear da manta na saída da máquina e tem um impacto sobre a sua disposição na bica (enrolamento ou rompimento).

O transporte da fibra dos descaroçadores ou limpadores de pluma até o condensador geral exige altos volumes de ar. O uso de ventiladores axiais (exaustores) é sistemático nas usinas antigas, enquanto os processos modernos usam ventiladores centrífugos de alto fluxo, para permitir uma captação de poeira por ciclones.

Para garantir um depósito perfeitamente regular da fibra na superfície do condensador e resultar em fardos bem formados, o desenho e a operação do sistema devem obedecer a várias regras. O fluxo de ar e de fibra nas tubulações que chegam até o condensador, as dimensões e os trajetos das tubulações devem ser calculados em relação ao fluxo de ar gerado pelos limpadores de pluma. A tubulação no final da parte horizontal, na curva de subida e na entrada do condensador deve ter uma secção quadrada ou retangular. A chapa traseira da curva de subida deve ser inclinada em 15° com a vertical, para uma subida correta do fluxo de fibra. Defletores ou entradas de ar falso na tubulação vertical podem ser necessários para conseguir uma disposição satisfatória da fibra. As tubulações devem ser livres de rebarbas e deformações.

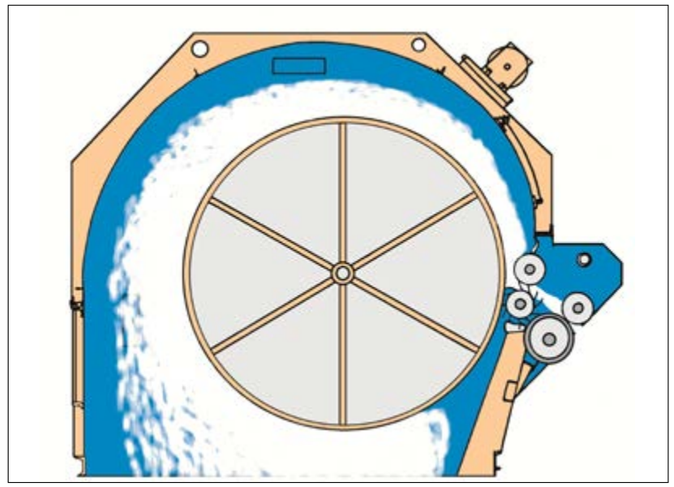


Figura 7.84. *Corte de condensador geral.* (Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

O condensador deve estar em bom estado. Defeitos de vedação lateral perturbam a disposição da fibra na tela e provocam mantas de densidade irregular e embuchamentos. Telas em mal estado, consertadas ou emendadas com epóxi, provocam furos ou interrupção da manta, a cada volta. Cilindros de saída mal regulados ou em mal estado (cilindro de borracha) atrapalham a saída regular da manta, provocam o seu retorno por sucção e embuchamentos (Figura 7.85). Problemas de funcionamento que resultam em parada da máquina são economicamente críticos, pois provocam uma parada geral do processo e da produção.

Figura 7.85. *Perturbação da saída da manta.* (Foto: *Cotimes, 2006).*

A manutenção preventiva de rotina do condensador geral requer atenção especial em pontos como limpeza da tela a cada turno, com eliminação dos acúmulos de fibra na máquina e nas tubulações, verificação das vedações, das correias, correntes e pinhões. Correntes insuficientemente esticadas provocam uma rotação irregular do tambor.

Figura 7.86. *Bica do condensador.*
(Foto: *Cotimes, 2004).*

6.2. A bica de fibra

A bica guia a fibra do condensador até a prensa (Figura 7.86). A manta liberada pelo condensador desliza por gravidade sobre o fundo metálico liso. As dimensões da bica são determinadas em função da capacidade de produção do processo (comprimento) e das dimensões da caixa da prensa (largura). O comprimento varia muito, de 3,2 m, para 10 fardos de 200 kg por hora, a 11 ou 12 m, para 60 fardos de 227 kg por hora (Tabela 7.7). As prensas de giro rápido permitem comprimentos menores. A largura é de 1,02 m ou 1,37 m. A inclinação se situa entre 35° e 50° e deve permitir um deslizamento suficiente para evitar o enrolamento da manta, mas limitado, para não provocar quebra da manta. Muitas vezes, é nela que se dá a umidificação da fibra.

Tabela 7.7. *Comprimento da bica.*

Produção (fardos/hora)		Comprimento da bica (m)
227 kg	200 kg	
	10	3.20
	15	3.97
15	17	4.12
20	23	5.03
25	28	5.80
30		6.41
36		7.32
45		8.69
60		10.98

Fonte: *Cotimes do Brasil, 2009.*

6.3. O alimentador de prensa

O papel do alimentador consiste em empurrar a fibra em espera na bica até o dispositivo de pré-compressão. Ele pode ser constituído por tambor de palhetas, esteira ou

chapa metálica movida horizontalmente por um pistão pneumático ou hidráulico (empurrador) (Figura 7.87). O dimensionamento da máquina é determinado pela capacidade de produção da usina. A sincronização e as velocidades de deslocamento do dispositivo de movimentação da fibra precisam ser ajustadas de maneira a evitar acúmulo excessivo de fibra (enrolamento) ou ruptura da manta na bica.

Figura 7.87. *Empurrador pneumático.*
(Foto: *Cotimes, 2006).*

6.4. O calcador

O calcador (hidráulico ou mecânico com correntes) garante uma pré-compressão da fibra em uma das duas caixas da prensa, por movimento alternado de cima para baixo (Figura 7.88). A fibra introduzida a cada calcada fica retida na caixa por dispositivos chamados "cachorros" (Figura 7.89), que devem ter uma penetração suficiente (aproximadamente 10 cm) para serem eficientes e ajudar na disposição correta das camadas de fibra na caixa.

Quando uma quantidade predeterminada de fibra está na caixa de pré-compressão, as caixas giram 180° e a compressão pode recomeçar. Nas prensas antigas, a decisão de parar a pré-compressão e girar as caixas é tomada pelo operador, geralmente a partir da leitura da corrente elétrica (amperagem) do motor do calcador mecânico ou, mais empiricamente, às vezes, a partir do número de calcadas. Antes de girar as caixas, o operador deve parar manualmente a movimentação

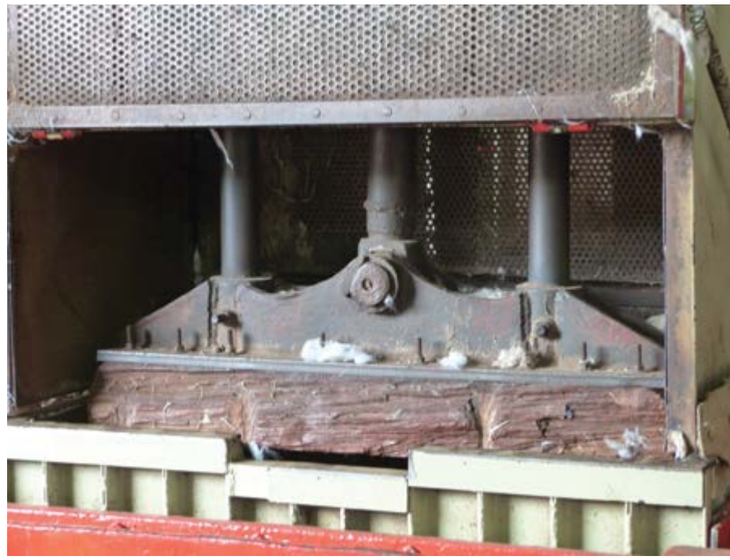


Figura 7.88. *Calcador mecânico.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

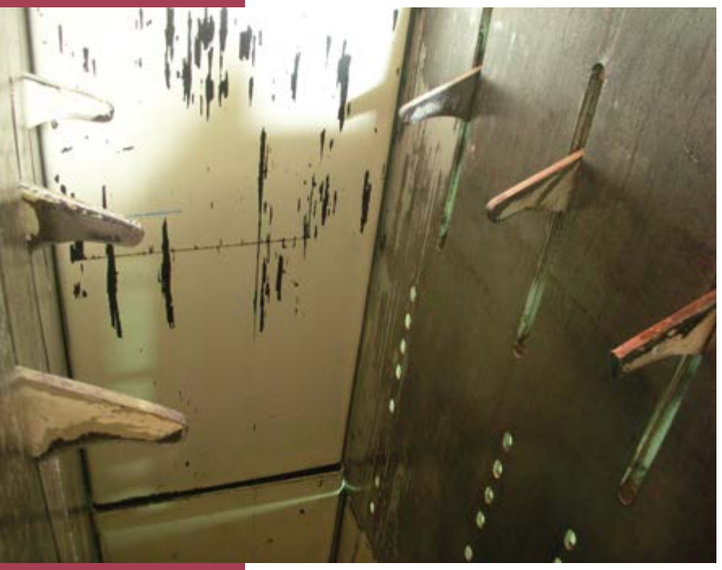


Figura 7.89. *Cachorros de prensa.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

do calcador. O controle manual da pré-compressão leva a certa irregularidade no peso dos fardos. As prensas modernas utilizam um calcador hidráulico com sensor de pressão. Quando a pressão no cilindro do calcador chega a um nível de pressão predefinido, o controlador CLP interrompe o movimento do calcador em posição alta e as caixas giram automaticamente.

A capacidade da usina determina a velocidade, ou seja, o número de movimentos (calcadas) por minuto. Quanto mais lento o movimento, mais peso de fibra a cada calcada e, geralmente, mais irregular o peso do fardo. A umidificação da fibra antes da prensagem resulta em mais calcadas por fardos e fardos mais pesados. Isto acontece porque se reduz a força necessária para a compressão.

6.5. A prensa

A prensa hidráulica é responsável pela prensagem da fibra e formação do fardo. Os principais componentes são a estrutura (feixes e colunas), as caixas e os pistões. Para a operação, a prensa precisa de uma unidade hidráulica com reservatório de óleo, bombas e válvulas e um sistema de comando elétrico que pode ser atuado manualmente ou automaticamente (CLP). O grau de automação varia muito entre as gerações de prensas e a capacidade. As prensas modernas de alta produção são totalmente automatizadas. A capacidade das prensas propostas pelos construtores de equipamentos de beneficiamento varia muito, desde 15 fardos/h até 60 fardos/h, ou mais.

É possível distinguir diferentes tipos de prensas, principalmente conforme sua direção de prensagem e o tipo de caixa (com ou sem portas, caixas fixas ou suspensas, etc.).

A direção de prensagem pode ser de baixo para cima (prensas de tipo *up-packing*). O pistão fica totalmente ou parcialmente embaixo do chão e necessita a construção de um poço profundo. O investimento em obra civil é alto (Figura 7.90). As prensas antigas ou de pequena capacidade utilizadas no Brasil (12 a 15 fardos por hora) pertencem a esta categoria (Figura 7.91). As prensas antigas de tipo *up-packing* sempre têm portas movimentadas manualmente. As prensas modernas deste tipo possuem alta capacidade (de 45 a 60 fardos/hora, ou mais). Pelo pouco tempo disponível para o ciclo, não podem ter portas (Figura 7.92). Neste caso, o fardo é formado na parte alta das caixas e sai delas preso entre o pistão principal e um contrapistão superior, o tempo necessário para a aramação. Nas prensas de baixo para cima, o único pistão tem um diâmetro entre 30,5 e 46 cm. O pistão é de tipo simples efeito (desce pelo próprio peso).

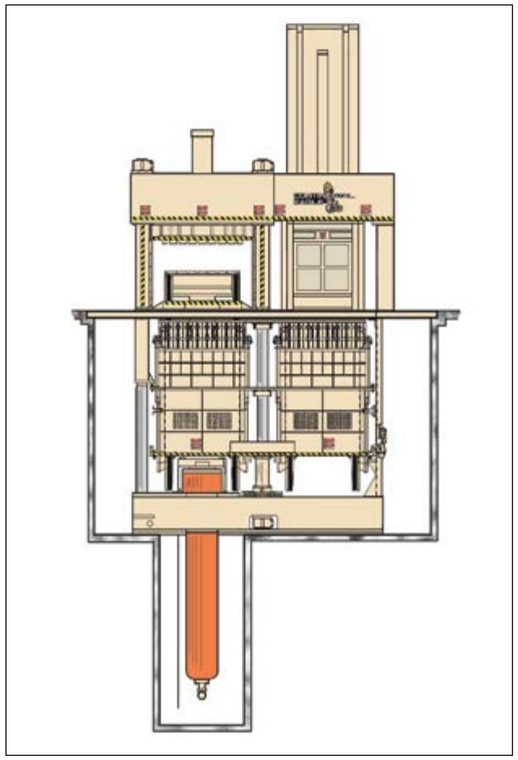


Figura 7.90. *Prensa up-packing.*
(Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

Figura 7.91. *Prensa up-packing antiga.*
(Foto: *Cotimes, 2006).*

No caso da prensagem de cima para baixo (prensas de tipo *down-packing*), a prensa fica totalmente em cima do chão e a obra civil é limitada à construção de um piso de resistência adequada (Figura 7.93). São prensas de capacidade de até 45 fardos por hora, que usam geralmente caixas suspensas que se levantam rapidamente, liberando o fardo para aramação

Figura 7.92. *Prensa up-packing de alta capacidade.*
(Foto: *Continental Eagle Corp., 2002).*

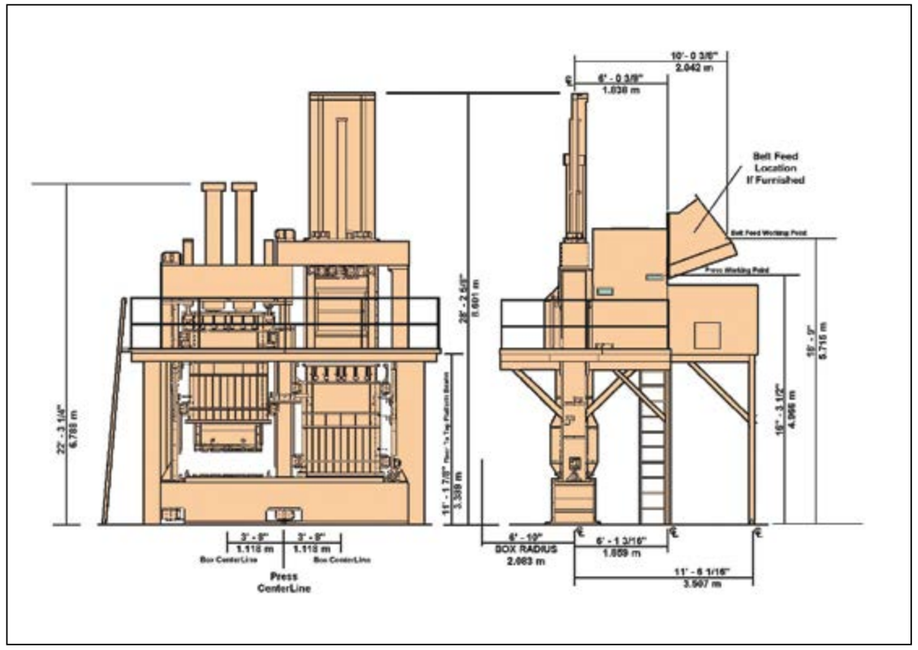


Figura 7.93. *Prensa down-packing.*
(Fonte: *Continental Eagle Corp., [19--]).*

Figura 7.94. *Prensa de caixas suspensas.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2008).*

(Figura 7.94). Existem prensas *down-packing* com portas, porém de capacidade limitada (30 fardos/hora). A compressão do fardo faz-se com um a três pistões, com diâmetro entre 21,6 e 34,2 cm. Os pistões são de tipo duplo efeito, para poder retornar até a posição alta.

As Unidades de Bombeamento Hidráulico (UBH) permitem acionar a prensa, gerando fluxos de fluido hidráulico. No caso das prensas antigas, a UBH é simples, com um reservatório de óleo e uma bomba. A bomba antiga, de tipo vertical de quatro pistões, ocupa espaço e é bastante exigente em manutenção, sendo, atualmente, quase sempre substituída por bombas modernas e compactas. O circuito de fluido também é simples, com duas válvulas instaladas perto da coluna e acionadas manualmente, comandando a subida ou a descida do pistão a simples efeito. Neste caso, o controle é totalmente manual.

O sistema hidráulico das prensas modernas é mais complexo, em função do número de atuadores. Assim como todos os sistemas hidráulicos industriais, é formado por um grupo de geração (reservatório, bombas e motores elétricos), um grupo de controle (blocos de válvulas de pressão, de segurança, direcionais e elementos lógicos) e um grupo de atuação (pistões e motores hidráulicos). Os atuadores hidráulicos da prensa moderna são os pistões do empurrador, do calcador, da prensagem, do levantamento e travas de caixas, da ejeção do fardo, e motor de rotação das caixas.

É importante lembrar que mais de 75% das falhas em sistemas hidráulicos e de lubrificação ocorrem devido ao excesso de contaminação. As partículas de sujeira podem fazer com que as prensas falhem. O excesso de contaminação do fluido hidráulico provoca perda de produção, custo de reposição de componentes, trocas constantes de fluido, custo no descarte do fluido e aumento geral dos custos de manutenção.

A automação da prensa apareceu com o aumento de capacidades, sistemas hidráulicos mais complexos e disponibilidade de tecnologia (sensores e autômatos). Foi justificada também pelo interesse em reduzir a mão-de-obra e a necessidade de segurança dos operadores.

A automação das numerosas prensas de tipo antigo que operam no Brasil é possível, mas limitada. A melhoria mais comum é a instalação de um sistema elétrico de rotação das caixas. Não é realmente uma automação quando o giro tem que ser iniciado pelo operador, mas merece ser recomendado principalmente por razão de segurança, pois, quando o giro das caixas é feito manualmente, os dois operadores estão expostos a riscos de ferimentos graves. É possível implementar uma automação parcial utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP), controlando:

- a pré-compressão (parada do calcador e alimentador, baseada na amperagem do motor do calcador);
- a subida do pistão, baseada no alinhamento das caixas;
- o funcionamento em sequência das bombas de alta pressão; e
- a pressão de compressão final no pistão.

A automação das prensas modernas utiliza sistematicamente um CLP para

Figura 7.95. *Sistema de filtração portátil.*
(Foto: *Parker, [200-]).*

poder manejar, de maneira lógica e com segurança, os sistemas hidráulico, elétrico e mecânico. Além do CLP, outros equipamentos clássicos para automação são necessários[3] . Em particular, muitos sensores de tipo fim de curso, detectores de proximidade e fotoelétricos são instalados para o controle de posição de pistão e caixas, alinhamento de caixas, trava de caixas, presença de fardo, detecção de abertura de portas.

Sensores de pressão e detectores de níveis de fluido são instalados para o monitoramento do sistema hidráulico. O CLP e a Interface Homem x Máquina são instalados sobre uma das colunas ou num painel de controle perto da prensa.

Trabalhar com prensas modernas exige pessoal bem treinado para operar o equipamento em condições adequadas. Também é imprescindível o conhecimento técnico referente aos sistemas hidráulicos e automação, para uma manutenção preventiva rígida, evitar práticas erradas e intervenções empíricas e perigosas como, por exemplo, alterações de regulagens de pressão. Possuir um diagrama hidráulico e um mínimo de equipamentos específicos é indispensável, tais como conjuntos de manômetros com tomadores de pressão e o utilíssimo sistema portátil de filtração (Figura 7.95).

6.6. Os fardos

6.6.1. Características e normas

Historicamente, dimensões e densidades de fardos no mundo eram muito variáveis, dependendo das exigências das indústrias têxteis locais. A internacionalização do mercado da fibra de algodão levou à padronização progressiva dos fardos. Hoje, existem especificações que representam um compromisso para armazenagem, transporte e energia para compressão.

As prensas modernas são fabricadas de forma a produzir fardos de densidade universal (450 kg/m^3) e de peso de 227 kg. Fardos de maior densidade são interessantes, pois têm mais peso por um mesmo volume, o que traz redução de custo na embalagem, armazenagem e transporte. Para não aumentar o gasto de energia na prensagem e a solicitação dos mecanismos da prensa, maiores densidades devem ser obtidas com a umidificação da fibra. Forças de prensagem final chegam a 500 toneladas, o que representa um gasto de energia muito alto e grandes esforços do equipamento. A USDA mostrou que a umidade da fibra na prensagem traz reduções enormes da força necessária para a prensagem final do fardo (Figura 7.96). No caso descrito (1 pistão de 35,6 cm e fardo de densidade universal de 227 kg com base 140 x 53 cm), a força de prensagem é reduzida em 14 a 17%, quando a umidade aumenta de 3 pontos. O ganho em energia, tempo de prensagem e manutenção é muito significativo. É importante ressaltar que só a umidificação por ar úmido ou vapor de água permite conseguir esse ganho. A aspersão de água em cima da manta que sai do condensador não traz redução de força.

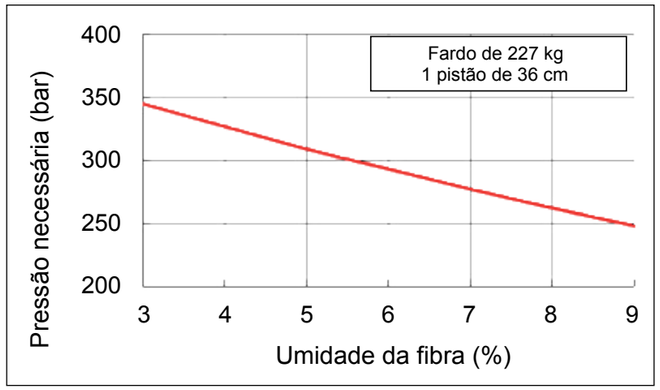


Figura 7.96. *Força de prensagem e umidade da fibra.*
(Fonte: *Anthony e Mayfield, 1994).*

[3] - Ver o Capítulo 9 deste Manual.

Tabela 7.8. *Dimensões padrão de fardos.*

Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Densidade (kg/m3)
1060	530	780-950	360-500
1400	530	700-900	360-500

Fonte: *Norma ISO 8115/1986.*

Figura 7.97. *Fardo padrão USA.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

As dimensões da prensa determinam as dimensões transversais do fardo. Nos Estados Unidos, a seção padrão das caixas é de 137 x 51 cm; no Brasil, é de 104 x 51 cm. A altura depende do beneficiador, pela força de compressão aplicada e o comprimento dos arames. A padronização progride e, hoje, a maioria dos fardos corresponde ao padrão internacional ISO 8115/1986 (Tabela 7.8 e Figura 7.97). A densidade recomendada é de 450 kg/m^3, o que corresponde à densidade universal nos Estados Unidos.

No Brasil, as características dos fardos são determinadas pela norma NBR 12959/1993 e são

Figura 7.98. *Fardo padrão Brasil.*
(Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

idênticas às da norma ISO 8115/1986. A maioria dos fardos tem o padrão de dimensões transversais de 106 x 53 cm, devido às dimensões das caixas de prensas antigas. A altura média é de 95 a 100 cm. Com uma densidade de 430 a 450 kg/m^3 dentro da norma ISO 8115/1986 (densidade universal), o fardo brasileiro tem um peso médio de 200 kg (Figura 7.98).

Figura 7.99. *Arames de aço.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

6.6.2. Aramação

Os fardos são formados por alta compressão. Deve ser utilizado material de amarração de alta resistência para manter o fardo nas dimensões desejadas. O material deve ser suficientemente resistente para aguentar a força elástica da fibra comprimida/prensada e os impactos durante a manipulação. Fardos pesados (a força aumenta exponencialmente com a densidade), fibra seca, repartição desigual da fibra na caixa e compressão final insuficiente na prensa são fatores de aumento muito significativo da força exercida pela fibra sobre o material de amarração. Dependendo da posição no fardo, o arame pode sofrer uma força que varia do simples (lados) para o dobro (centro), por isso o material deve ter uma margem de resistência grande, com valores de até 1.000 kgf. Quebras de arames devem ser evitadas, pois representam um risco para o pessoal, dificuldade de manipulação e possível contaminação da fibra.

Vários materiais de amarração estão sendo utilizados. Fitas de metal e arames de aço-carbono são os mais comuns. Fitas de metal de largura 1,6 a 1,9 cm são colocadas manualmente ou automaticamente. Com a fita (6 a 8 por fardo), é possível deslizar o cinto formado até levar a conexão na parte superior (coroa) do fardo, onde a força sobre a conexão é menor.

No Brasil, o dispositivo mais utilizado é o arame de aço-carbono. As bitolas de diâmetro variam entre 3,4 a 4,2 mm, de acordo com a dimensão e o peso do fardinho. Há empresas que utilizam arames com até 4,2 mm de diâmetro, por fazerem fardinhos de até 250 kg (fora de padrão). O mais utilizado é o de 3,5 mm, com 253 cm de comprimento, já com as dobras (Figura 7.99). Tem fardinhos amarrados com 8 arames, porém a maioria – que é o padrão utilizado no Brasil – é uma amarração com 6 arames.

Nas usinas antigas, a colocação dos arames se faz, em geral, manualmente e, apesar do baixo ritmo de produção (8 a 14 fardos por hora), ocupa duas pessoas. A altura de compressão final do fardo deve ser reduzida o suficiente para permitir a conexão manual de cada arame. No caso da conexão manual, os operadores estão expostos a possíveis chicotadas por quebras de arames e também a esmagamento dos dedos ao soltar o pistão, por isso devem estar devidamente equipados com EPI específicos, tais como avental, luvas de couro e máscara de proteção do rosto.

Figura 7.100. *Dispositivo guia para arames.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2009).*

Usinas de maior produção (até 40 fardos por hora) realizam aramação manual com mais pessoas (quatro, em geral). Podem conseguir com duas pessoas se dispuserem de sistemas semiautomáticos simples. Um sistema utiliza chapas curvas de retorno de arames (Figura 7.100). Os operadores ficam de um lado do fardo, onde introduzem os arames e, no retorno, fazem a conexão. Outro sistema utiliza dispositivos de conexão na bandeja superior da prensa.

Com produção alta (acima de 40-45 fardos por hora), o tempo disponível para a aramação é incompatível com a aramação manual ou semi-automática simples. Sistemas semi-automáticos rápidos e mais sofisticados devem ser utilizados para que a aramação não limite a produção. A ação do operador é limitada para colocar os arames no sistema na posição aberta. Todas as demais operações são feitas pelo sistema mecânico e pneumático (Figura 7.101).

Figura 7.101. *Sistema de amarração automática com arames.* (Foto: *Cotimes, 2011).*

Com arames, a aramação manual ou com a ajuda de chapas de retorno deixa o nó do arame no lado do fardo, onde a força elástica é mais alta. Os sistemas semi-automáticos deixam o nó na coroa do fardo, onde a força é menor, reduzindo assim o risco de quebra do arame.

Figura 7.102. *Sistema de amarração automática com fita.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Fitas de plástico foram recentemente introduzidas no mercado brasileiro. Elas podem ser utilizadas, pois compensam uma capacidade de carga menor por uma elasticidade maior. São mais fáceis de tirar na abertura do fardo e menos perigosas para os operadores. A fita com largura de 19 mm e espessura de 1,2 ou 1,4 mm é composta de plástico normalmente aproveitado de reciclagem de Polietileno Tereftalato (PET). Nas prensas antigas, a fita é colocada manualmente e necessita de adaptação da prensa. O fechamento da amarração se dá por pressão do próprio fardo. Já existem no Brasil sistemas automatizados de amarração por fitas (Figura 7.102).

O fardo amarrado é ejetado da prensa manualmente (no caso das prensas de tipo antigo), ou por dispositivo mecânico ou hidráulico incorporado na bandeja inferior da prensa. É transportado manualmente, ou por carrinho automatizado, até a estação de embalagem.

Figura 7.103. *Embalagem com saco de algodão.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

6.6.3. Embalagem

O objetivo da embalagem é proteger a fibra da contaminação e de vetores de fogo. As embalagens dos fardos devem cobri-los completamente. Ainda existem no mundo e no Brasil usinas onde a embalagem é feita diretamente na prensa, com o material de proteção ficando por baixo dos arames. Hoje, esta técnica é considerada antiga e ultrapassada, pela eficiência baixa e risco aos operadores. Com as cadências de produção aumentando, a automação das prensas e exigência das indústrias têxteis quanto à contaminação e segurança é generalizado o uso dos sacos combrindo o fardo já amarrado.

Figura 7.104. *Fragilidade das embalagens de malha de algodão.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Várias matérias são utilizadas para ensacar os fardos. Material com qualidade de fabricação e peso por unidade de superfície mínima é necessário para permitir uma boa proteção com práticas normais de manuseio. Sacos de algodão de tecido ou malha e com peso por unidade de superfície suficiente garantem uma boa proteção, mas o custo é um fator limitante. Nos Estados Unidos, existem padrões precisos para sacos de algodão, sendo fixado, em primeiro lugar, um peso mínimo por unidade de superfície de 261 g/m² e também características de tecido ou malha, tais como número de fios, resistência à tração, ruptura e alongamento. A resistência à ruptura (rasgar), para sacos de malha, deve ser, no mínimo, de 34 kgf e o alongamento entre 15 e 30% (NATIONAL COTTON COUNCIL OF AMERICA, 2011).

No Brasil, somente a tela de algodão de primeiro uso pode ser utilizada para cobrir os fardos (NBR 12959/1993) (Figura 7.103). A embalagem feita diretamente na prensa, por baixo dos arames, utiliza uma tela de fio de título 8 chamada de "telinha", comprada em rolos e cortada na dimensão necessária pelos operadores da prensa. Essa matéria é fraca e pode não aguentar a pressão da fibra entre os arames, deixando-a exposta. Os sacos utilizados são de tela ou malha, de características bastante variáveis (fio de título 8, 12 ou 16) e geralmente fabricados com resíduos de limpadores de pluma (fibrilha), o que limita o custo. Os sacos, por serem dispostos por cima dos arames, são menos sujeitos a rasgar. Os sacos de malha são mais frágeis e rasgam muito ao nível dos arames (Figura 7.104).

O saco em filme de polietileno é interessante pela transparência (observação de danos à fibra), proteção contra poeira, redução da perda de umidade, e possibilidade de reciclagem.

O tecido de polipropileno é mais resistente e proporciona melhor proteção, mas é pouco aceito pela indústria têxtil por causa do risco de contaminação do algodão por fibra de plástico, com consequências muito graves sobre a produção e a qualidade dos produtos. Nos Estados Unidos, o polipropileno é aceito com especificações estritas, inclusive uma camada de laminação, um inibidor de UV e um marcador químico.

Figura 7.105. *Etiqueta do sistema Sai, da Abrapa.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

Figura 7.106. *Excelente empilhamento de fardos.* (Foto: *Cotimes do Brasil, 2011).*

6.6.4. Identificação

Cada fardo de algodão deve ser identificado por uma marcação do lote de expedição e por uma etiqueta com o número individual do fardo, em dígitos e código de barra, número ou nome da algodoeira (ISO 8115-3/1995).

No Brasil, o sistema de identificação é estabelecido, organizado e monitorado pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) através do Sistema Abrapa de Identificação de Fardos de Algodão (Sai), seguro, prático e conforme as práticas do comércio mundial do algodão. Além do cadastramento das algodoeiras e do credenciamento de gráficas, o Sai define a identificação do fardo, baseado em dois componentes: o número de identificação e o formato da etiqueta. O número identifica o estado, a algodoeira (com número específico para cada prensa de cada conjunto de descaroçadores) e o fardo produzido. O sistema assegura que não há dois fardos com o mesmo número e este não se repete. O número do fardo pode ser facilmente identificado a olho nu ou através de leitores de código de barras. A etiqueta possui ainda cupons picotados, que poderão ser usados por ela, a fim de acompanhar a amostra para a classificação visual e HVI, emblocamento, expedição, etc. (Figura 7.105) (ABRAPA, 2011).

Procurando estabilidade, os fardos deveriam normalmente ser empilhados deitados (Figura 7.106). Por razão principal de eficiência de transporte por empilhadeiras, o empilhamento de pé é o mais freqüente no Brasil, porém é menos estável. Acidentes com queda de fardos são freqüentemente fatais.

6.7. Segurança na prensa

Pelo peso das partes mecânicas e força dos atuadores hidráulicos, a prensa é uma máquina perigosa, que pode provocar acidentes sérios ou fatais. Recomendações de segurança gerais valem para prensas[4], mas regras específicas de prevenção na prensa devem ser respeitadas, tanto nas algodoeiras modernas como nas antigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPA. **Sistema Abrapa de identificação.** Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/sai/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 10 set. 2011.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Cotton Ginners Handbook.** Agricultural Handbook. [s.l.], US Department of Agriculture, n. 503, p. 1-6, 1994.

BACHELIER, B.; GAWRYSIAK, G. e GOURLOT J.P. Preservation des caracteristiques technologiques des fibres de coton pendant les operations d'egrenage. In: **Atelier Régional de Formation UEMOA/UE/ONUDI**, Parakou-Benin, 2005.

CHANSELME, J., RIBAS, P. V. B.; BACHELIER, B. Melhoria do processo e das práticas de beneficiamento de algodão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia-MG. **Anais**… Uberlândia-MG, 2007.

NATIONAL COTTON COUNCIL OF AMERICA. Joint Cotton Industry Bale Packaging Committee. **Bale Packaging 2011 Specifications.** Disponível em: <http://www.cotton.org/tech/bale/specs/index.cfm>. Acesso em: 10 jun. 2011.

PILETTE, M. **La technique de l'égrenage du coton**. [s.l.] : Compagnie Cotonnière Congolaise, 1959. 213 p.

[4] - Ver o capítulo 12 deste Manual.